



---

**TESIS DOCTORAL**

**Movilización Industrial ante la Primera Guerra Mundial.  
La Industria Química en Alemania y EEUU.**

Autor: Raúl Cabello Vázquez

Director: Javier Ordóñez Rodríguez

Dpto. de Lingüística General, Lenguas Modernas, Lógica y Filosofía de la Ciencia  
Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Madrid

**2015**

---



## Índice

INTRODUCCIÓN: Ciencia, Industria, Guerra.	7
PARTE I: Panorama en el umbral de la Gran Guerra.	37
1 Un nuevo paradigma de Institución Científica.	38
1.1 El modelo alemán.	40
Universidades y Mandarines.	43
Modernización conservadora.	52
Escuelas Técnicas.	65
<i>Phisikalisch Technische Reichsanstalt.</i>	75
<i>Kaiser Wilhelm Gesellschaft.</i>	92
Orígenes del <i>Ersatzprogramm</i> .	108
1.2 El modelo estadounidense.	113
MIT.	114
<i>National Bureau of Standards.</i>	141
2 La Industrialización de la Ciencia.	156
2.1 Sozialstaat y patentes en Alemania.	158
2.2 Metalurgia y Marina: Embrión de MIC.	171
Alemania.	173
EEUU.	185
2.3 La industria química alemana antes de la Gran Guerra.	196
El nacimiento de la sinergia entre ciencia e industria química.	199
Organización de la Investigación Privada. Bayer y Duisberg.	203
BASF: del Índigo al Nitrógeno.	221
Influencia de la industria alemana en el extranjero.	237
2.4 La industria química estadounidense antes de la Gran Guerra.	252
PARTE II: La Gran Guerra; movilización científica, movilización industrial.	279
3 La movilización de la química en Alemania.	280
3.1 KWG en guerra. Haber y el Programa de armamento químico.	282

3.2 La industria química alemana durante la guerra.	305
BASF: Nitrógeno, ácido nítrico y la KRA.	310
Haber-Bosch frente a Cianamida.	319
Leuna.	324
Influencia de la industria alemana en el extranjero durante la guerra.	330
3.3 Fundación Káiser Guillermo para las Ciencias Técnicas Militares (KWKW).	339
4 La movilización de la química en EEUU.	346
4.1 Movilización de la ciencia académica.	347
4.2 Programa de armamento químico.	371
4.3 La industria química estadounidense durante la guerra.	392
5 Balance de Guerra.	420
CONCLUSIÓN MATERIAL: La Posguerra.	427
6 Los vencidos: La posguerra en Alemania.	430
7 Los vencedores: La Industria química estadounidense de posguerra.	440
8 Interacción entre vencedores y vencidos: El Desarme químico.	471
CONCLUSIONES	503
Bibliografía	521

“Para producir tecnología no hace flata acudir a la historia;  
para entender la producción de tecnología, sí.”  
J. Ordóñez (2003), p.58

“Sólo un interés de la vida presente puede movernos a indagar un hecho pasado...  
Toda historia es historia contemporánea.”  
B. Croce (1943), p.4

“Nada de esto explica suficientemente qué ocurrió...  
Pero sin ello no tendríamos explicación alguna.”  
T. Judt (2008), p.191.

“La guerra es la causa del presente.”  
W.C. Sellar, R.J. Yeatman (1932), p.1

“El sistema militar de una nación no es una sección independiente del sistema social,  
sino un aspecto de este en su totalidad.”  
M. Howard (1961).



## 1 Introducción: Ciencia, Industria, Guerra.

La idea de emprender esta investigación nació en el contexto de un grupo de trabajo dedicado al análisis de las relaciones entre ciencia y guerra, dirigido por Javier Ordóñez en la Universidad Autónoma de Madrid. Dichas relaciones han resultado fundamentales para el discurrir del siglo XX, habiendo recibido mucha atención por parte de los historiadores, especialmente en lo que se refiere a la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría.<sup>1</sup> Hasta hace pocos años no sucedía lo mismo con el caso de la Primera Guerra Mundial, menos aún con los años inmediatamente anteriores a ella. Es precisamente este último período el que me propongo estudiar a continuación. Como químico de formación, de entre las diversas teselas de ese mosaico, la correspondiente a la química y su industria se me revela como la más interesante; el lector habrá adivinado al inspeccionar el índice que éste será el tema central del trabajo. A lo largo del mismo intentaré justificar esta opción demostrando el papel pionero que la industria química representó a la hora de incorporar la investigación a su estructura interna, así como su gran importancia para el devenir de la Gran Guerra. En ese periodo concreto, la química y la industria coincidieron en un grado de desarrollo y una sinergia que colocaron a esta disciplina en la vanguardia de los desarrollos económicos, militares, institucionales e incluso ideológicos. Por ello la química sería la disciplina científica central en la aparición de un sistema permanente de relaciones entre la ciencia, la industria y el gobierno, en especial de su esfera militar.

---

<sup>1</sup> Clásicos como Rhodes (1986), Guerlac (1987), Kojevnikov (2004) o MacKenzie (1993), aunque la lista de posibles referencias sería muy amplia. Una excelente síntesis de las relaciones entre ciencia y guerra de este periodo es Sánchez Ron (2007), cap.11.

La motivación concreta de este trabajo surgió al comprobar que en la bibliografía sobre la cuestión existían múltiples y minuciosos estudios de caso dedicados a la emergencia de un sistema de investigación en Alemania,<sup>2</sup> así como a la guerra química<sup>3</sup> o el papel de esta ciencia durante la Primera Guerra Mundial,<sup>4</sup> pero no se contaba con un estudio general que ofreciera una perspectiva conjunta del fenómeno desde el punto de vista de las relaciones entre la ciencia y la guerra. Creí que tal perspectiva general resultaría necesaria para obtener conclusiones significativas acerca de la influencia mutua de los sistemas de investigación industrial y las situaciones bélicas, entendidas éstas en un sentido amplio: No sólo durante el periodo de hostilidades sino también en el anterior contexto internacional influido por un horizonte de potencias en conflicto.

Encontré también que la bibliografía que rastreaba los orígenes del papel de la ciencia en el complejo militar-industrial (“Military-Industrial Complex”, MIC por sus siglas en inglés)<sup>5</sup> se centraba principalmente en la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría,<sup>6</sup> quedando desatendida la posibilidad de encontrar el embrión de este sistema de producción de conocimiento, tan determinante para la ciencia del siglo XX, en la Primera Guerra Mundial o incluso en sus prolegómenos. Es natural que ese periodo más tardío llame la atención de los historiadores, puesto que es en él cuando las más

---

<sup>2</sup> Acerca de la Universidades alemanas destaca Ringer (1969). Sobre las Escuelas Técnicas Superiores, Gispén (1989). Sobre institutos de investigación orientados a la industria, los referentes principales son Cahan (1989) y Johnson (1990). Una perspectiva de la aparición de la sociedad del conocimiento en Alemania en Szöllosi-Janze (2001, 2).

<sup>3</sup> El referente fundamental es Haber (1986). También las biografías Szöllosi-Janze (1998) y Stolzenberg (1998).

<sup>4</sup> Sobre este tema destacan Haber (1958, 1971), Lesch (2000) o McLeod, Johnson (2006).

<sup>5</sup> Término acuñado por el Presidente Eisenhower en su discurso de despedida de 1961, Eisenhower, D. (1961), *Farewell Address to the Nation*, Public Papers of the Presidents 1961, U.S. Government Printing Office, p. 1035.

<sup>6</sup> Koistinen (1980, 2004), Galison, Hevly (1992), Cooling (1977, 1981), Rosen (1973) o Szöllosi-Janze (2001, 3).



espectaculares manifestaciones del MIC se hacen evidentes. Sin embargo, descuidar los años anteriores a 1940, y mucho más los anteriores a 1914, limita en gran medida la comprensión del fenómeno por diversas razones. En primer lugar, el MIC es mucho más difícil de penetrar después del inicio de la Segunda Guerra Mundial que antes del mismo. Tan extensas y profundas son las consecuencias de ese conflicto que a menudo resulta difícil distinguir lo central de lo periférico. En segundo lugar, y más importante aún, desde una perspectiva histórica adecuada los años posteriores a 1940 marcan no un inicio, sino una culminación en el proceso de integración de instituciones científicas, económicas y militares. Por todo ello, en este trabajo me centraré en lo que considero periodo embrionario del MIC: La Primera Guerra mundial y los años inmediatamente anteriores a ella.

La consulta de bibliografía histórica general<sup>7</sup>, así como un primer análisis del caso de la química industrial alemana desde esta perspectiva, me condujo a notar analogías significativas entre Alemania y Estados Unidos en un periodo histórico (tras las guerras Franco-Prusiana y de Secesión) en el que ambas naciones estaban ascendiendo a la condición de potencias en los ámbitos científico, industrial y militar.<sup>8</sup> En palabras de Irmgard Steinisch, en su capítulo titulado “Different path to war: A comparative study of militarism and imperialism in the United States and Imperial Germany, 1871-1914”,

“...ambas naciones eran recién llegadas a la carrera imperialista del expansionismo y el poder global y es este hecho lo que proporciona el *tertium comparationis*. Más aún, las muy extendidas convicciones imperialistas

---

<sup>7</sup> Beard (1913-1935), Chickering, Förster (2000), Dukes, Remak (1988), Ferro (1968), Fischer (1986), Hobsbawm (1987, 1994), Howard (1961), Schaper (2004), Stone (1985), Tuchman (1962, 1966), Veblen (1915), o Zinn (1995), entre otros. También me han inspirado las inteligentes novelas de Dos Passos (1925-1933), Vidal (1976 -1990), Musil (1943), Broch (1932) o Döblin (1929 y 1950). Mi comprensión de la guerra debe mucho a Ordóñez (2001, 2004, 2012).

<sup>8</sup> Trommler, McVeigh (1985), Trommler, Shore(2001), o Boemeke et.al.(1999). En otro orden, Tocqueville (1840).

sostenidas en ambas naciones entre 1890 y 1914 estaban íntimamente unidas a sus dinámicos sistemas económicos, y muchos contemporáneos en Alemania y Estados Unidos justificaban una política imperial expansionista sobre esa base.”<sup>9</sup>

Más allá de esas analogías generales, pude constatar que existió una interrelación, una ejemplaridad entre ambas naciones en lo que se refiere a los ámbitos académico y empresarial: Conscientes de su paralelismo histórico, ambas se observaban y se imitaban secuencialmente. Preguntarme acerca de qué interesaba a la una de la otra, y viceversa, será uno de los patrones metodológicos que utilizaré desde el primer capítulo. En la bibliografía sobre el contexto estadounidense encuentro una situación parecida a la del contexto alemán: Magníficos estudios de caso<sup>10</sup> pero escasez de perspectiva amplia, quizá salvo en el agudo Noble (1977), aunque éste no está específicamente dedicado a la ciencia ni a la guerra, menos aún a las relaciones entre ambas, sino que adopta una perspectiva predominantemente socioeconómica. Por ello, decidí finalmente que ese fresco que pretendía pintar sobre el papel de la química en el nacimiento del complejo militar-industrial se vería notablemente enriquecido mediante un estudio de historia comparativa entre el caso alemán y el estadounidense. Espero que esta metodología comparativa me permita desvelar las diferencias subyacentes entre los dos caminos alternativos que representaron ambas naciones en los inicios del siglo pasado, así como dejar bien planteada la pregunta acerca de los orígenes del triunfo final de uno de ellos sobre el otro, del modelo estadounidense sobre el alemán. La ventaja analítica de una historia comparativa estriba en que toda una sociedad o grupo de sociedades se define claramente por medio de la

---

<sup>9</sup> Steinisch en Boemeke et.al. (1999), p. 33. La traducción es mía.

<sup>10</sup> Destacan Dupree (1986) sobre la implicación del gobierno federal en la ciencia, Hounshell (1988) sobre la investigación en DuPont, Jones (1969) sobre la guerra química y, por supuesto, la monumental historia de la industria química estadounidense de Haynes (1954).

dinámica de fuerzas exteriores e interiores. De esta forma, sus diversos movimientos y cambios internos, de otro modo oscuros y excesivamente complejos, así como sus reacciones a los efectos de esas fuerzas exteriores, pueden observarse en conjunto y, en consecuencia, resultan más accesibles al análisis. En el ensayo que sigue indagaré, por lo tanto, mediante el caso paradigmático de la química en su dimensión industrial, en las raíces de ambos sistemas de investigación, en el origen de sus relaciones con el estamento militar y en los paralelismos desde el momento de su nacimiento hasta que empezaron a distanciarse netamente, tras la Gran Guerra.

El primer acercamiento al tema se ha realizado mediante fuentes primarias. Durante mi estancia en el *Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte* (Instituto Max Planck para la Historia de la Ciencia) en Berlín, pude consultar los archivos de la Sociedad Max Planck, donde se conservan todos los documentos de la KWG que sobrevivieron a las guerras. La estancia en Berlín me permitió incorporar también numerosas fuentes primarias de otra índole: Publicaciones de la época y obras completas de los protagonistas coetáneos de la historia, conservadas en la Staatsbibliothek. Todas ellas se incluyen en la bibliografía presentada al final del trabajo y serán referenciadas a pie de página cuando resulte necesario. Los documentos análogos del gobierno y la industria norteamericanos (especialmente de instituciones del Gobierno Federal y de la empresa química DuPont) se encuentran por lo general disponibles online, y detalladamente referenciados en las respectivas historias institucionales. Al igual que en el caso de las fuentes alemanas, serán escurpulosamente notados a pie de página cuando sea pertinente.

En cuanto a las fuentes secundarias, la literatura dedicada a la química en torno al cambio de siglo ha incrementado considerablemente su volumen durante los últimos tres lustros, con aportaciones tanto de académicos

alemanes y norteamericanos, como de historiadores de la economía y la tecnología, e incluso de bibliotecarios o archiveros de las principales industrias químicas. Por suerte, incluso las empresas privadas gozan en Alemania y EEUU de una profunda conciencia histórica. Además, he realizado un especial esfuerzo para comparar fuentes de diferentes épocas, intentando en varias ocasiones contrastar historias coetáneas (escritas en el periodo estudiado o inmediatamente después del mismo) con otras más actuales. Citaré explícitamente las fuentes concretas utilizadas para cada capítulo y epígrafe al darles comienzo, dado que sería excesivamente farragoso y escasamente práctico hacerlo conjuntamente en esta introducción.

He intentado que el orden temático responda a las exigencias de claridad e inteligibilidad, aplicando principalmente un criterio cronológico para la secuencia y la división de partes, capítulos y epígrafes. La Gran Guerra ha sido (¿acaso podría haber sido de otro modo?) la divisoria que ha marcado el orden general: Una primera parte que empieza por un capítulo de contextualización (1) y dedica otro a la cuestión antes de la guerra (2); una segunda centrada en la propia guerra (capítulos 3, 4 y 5) y una tercera o “conclusión material”, como he decidido titularla, para analizar la posguerra (capítulos 6, 7 y 8). La metodología comparativa que vertebra el trabajo obligaba a elegir entre presentar primero, en cada parte, el caso alemán o el estadounidense; como se puede comprobar mediante el índice, he optado por tratar primero el alemán. El criterio que ha guiado esta decisión ha sido también el cronológico, dado que se puede considerar que, en todo el periodo estudiado, Alemania precedía a Estados Unidos en cuanto al desarrollo de las instituciones de investigación, de la ciencia y la industria químicas, e incluso en la participación en la Primera Guerra Mundial. Esto no quiere decir que Alemania fuera el modelo de Estados Unidos de forma lineal y unidireccional; como se irá viendo a lo largo de los capítulos, la relación entre ambos casos no fue tan sencilla: Se dio una observación mutua y una retroalimentación de

los procesos de influencia, pero he entendido que la comparativa podría ser más clara y los argumentos más ricos presentando primero, sistemáticamente para cada parte, el caso alemán.

Las guerras tienen el efecto de llevar hasta el límite las capacidades de las sociedades implicadas, exacerbando el papel de los centros de poder y explicitando cómo y por qué las instituciones interactúan entre ellas, lo que permanece oscuro y reacio al análisis en tiempos de paz a menudo resulta obvio bajo las presiones y demandas de la guerra. En palabras de Eric Hobsbawm,

“[Los conflictos] siempre ponen de manifiesto aspectos cruciales de la estructura social porque aquí se fuerza hasta el límite. Además, ciertos problemas importantes no pueden estudiarse excepto en tales momentos de erupción, que no sólo hacen aflorar a la superficie tantas cosas que normalmente están latentes, sino que también se concentran en los fenómenos y los amplían en beneficio del estudioso, a la vez que... normalmente multiplican nuestra documentación... Han sido y siguen siendo un laboratorio casi perfecto para el historiador.

El peligro de este tipo de estudio radica en la tentación de aislar el fenómeno de la crisis declarada del contexto más amplio de una sociedad que vive un proceso de transformación, especialmente cuando nos embarcamos en estudios comparados... Hay cuestiones que no pueden salir de un estudio concentrado en breves periodos de crisis, por más que sean dramáticos y significativos.”<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Hobsbawm (2002), pp.100-1.

Teniendo en cuenta esta última advertencia del gran historiador británico, para este trabajo me he propuesto contextualizar adecuadamente el objeto de estudio, intentar analizar la emergencia de la investigación química industrial durante la Gran Guerra dentro de ese “contexto más amplio de una sociedad que vive un proceso de transformación”. Por ello comenzaré con un capítulo íntegramente dedicado al panorama institucional de la ciencia y la educación superior antes de la guerra, e incluiré también epígrafes sobre la fundación del estado social, la ley de patentes o la metalurgia y la carrera naval: Los considero ámbitos imprescindibles para comprender correctamente el sustrato sobre el que arraiga nuestro tema concreto, y por consiguiente imprescindibles para analizarlo plenamente y estar en condiciones de obtener conclusiones no contaminadas por criterios presentistas.

Soy consciente de la ambición que supone, para una tesis doctoral, explicar un periodo tan largo; soy consciente también de que implica un alto riesgo de dispersión, de pérdida de ese tipo peculiar de rigor académico que un tema menos ambicioso y una narración más minuciosa garantizarían automáticamente. En función de su enfoque amplio, ésta no será una tesis tan minuciosa en detalles como resulta habitual. El amplio espectro requiere, además, del empleo de una metodología variada y compleja, difícil de coordinar. Pero creo que merece la pena correr estos riesgos porque estoy convencido del gran interés que tiene este tipo de enfoque, de la importancia que puede revestir la perspectiva adquirida si conseguimos llevar a cabo correctamente la tarea propuesta. La macrohistoria será para este trabajo de investigación, por lo tanto, una opción teórica de partida. Pasado un siglo exacto de su inicio, nos encontramos en un periodo de reflexión y recapitulación sobre la Primera Guerra Mundial: Es momento de comprender procesos subyacentes, tejer historias explicativas y hacer reflexiones generales. Creo que la historia de la ciencia y la tecnología no puede desentenderse de

esta responsabilidad. ¿Qué sucedería si consiguiera fusionar hábilmente el conocimiento acumulado en infinidad de estudios de caso? ¿Sería capaz de entender, desde la colina despejada, fenómenos que no vería si siguiera perdido en el bosque de los detalles? El riesgo radica en abandonar el conocimiento minucioso y seguro de cada árbol; la posible recompensa, en el panorama del bosque completo. Sin desmerecer en absoluto ejemplos clásicos de un estilo histórico muy focalizado pero capaz de dar cuenta de una sociedad entera a partir de un caso muy concreto y aparentemente humilde (estoy pensando en el magistral “El queso y los gusanos” de Carlo Ginzburg<sup>12</sup>) considero, quizá debido a mi formación como químico, que hay determinados momentos y temas para los que la macrohistoria como opción metodológica resulta necesaria, dado que se hace imprescindible abarcar periodos y escenarios relativamente amplios para explicar fenómenos también amplios, que tienen implicaciones para muchos ámbitos humanos y consecuencias que se dilatan en el tiempo.

Esta tesis no intenta ser, por lo tanto, un conjunto de estudios de caso en torno a un núcleo temático, aunque en ocasiones así pudiera parecerlo: Hay una serie de hilos conductores, de ideas-fuerza, que han determinado la selección de los temas, la perspectiva con la que se abordan, la orientación de los análisis que hago y las conclusiones que obtengo de ellos. Si hubiera elegido ver la realidad como una serie de fragmentos inconexos o como elementos al mismo nivel, sin una jerarquización o interrelación entre ellos que permitiera una perspectiva global de la misma, habría renunciado, de alguna forma, a la más elemental aspiración de la comprensión. O, al menos, a un tipo de comprensión. Mi objetivo es tener en cuenta las interconexiones entre estos fragmentos, no recrear una uniformidad imposible e indeseable, que podría achacarse a los grandes relatos de otros tiempos. Quizá no haga falta una teoría acabada de la interconexión de los fragmentos de la realidad

---

<sup>12</sup> Ginzburg (1981).

histórica tanto como una selección y un manejo cuidadosos de los mismos para conseguir una historia inteligible, con regularidades y estructuras, porque sin ellas la historia deja de ser útil para comprender la realidad y fundamentar nuestra práctica. Si la historia es una especie de caos o de contingencia absoluta, ¿qué otro valor, además del literario o el puramente estético, podríamos encontrar en ella? En el famoso artículo en el que enuncia sus seis leyes para la historia de la tecnología, Kranzberg nos advierte también de la necesidad de tenerla en cuenta como herramienta para operar sobre nuestro presente.<sup>13</sup>

El intento de explicar un largo periodo no implica necesariamente rescatar la escatología secular del progreso, que parece definitiva y afortunadamente muerta, o las visiones unilineales de la historia según las cuales el país más desarrollado dice a los demás cuál ha de ser su futuro (“de te fabula narratur”<sup>14</sup>). Hay muchas formas de obtener una perspectiva amplia, de escoger, ponderar y relacionar los fragmentos para crear una visión general de la realidad histórica. Sin caer en la teleología, me parece una forma más productiva que el empleo de un conjunto de lógicas irreductibles entre sí, el analizar la historia integrando esas lógicas parciales en una visión que no tiene por qué ser unilateral pero sí coherente, que no tiene por qué ser determinista pero sí causal, que fije límites estableciendo presiones razonadas sobre ese infinito y caótico cúmulo de sucesos que venimos a denominar “lo histórico”. Un buen ejemplo de ello puede ser el empleo para el análisis histórico de categorías explicativas derivadas del marxismo: Utilizadas de forma indiscriminada como un molde al que se tiene que adaptar la interpretación de todo conjunto de sucesos, me harían caer en el oscurantismo y serían un obstáculo insalvable para lograr una comprensión genuina y honrada del periodo y el tema que estudio. Sin embargo, utilizadas como herramientas allí

---

<sup>13</sup> Kranzberg (1986), pp. 554-6 y 559-60.

<sup>14</sup> Horacio, Sátiras, I, 1, 69-70.



donde sean pertinentes y eficaces, me permitirán relacionar los comportamientos intelectuales con intereses materiales, incitándome a buscar lo que subyace a las relaciones puramente formales.

Otro ejemplo de lo que vengo tratando podría ser el denominado “reduccionismo económico”: El intento de explicar todos los fenómenos humanos en términos económicos y de analizar todos los fenómenos sociales exclusivamente mediante herramientas e ideas derivadas de las ciencias económicas. Si se considera de forma determinista, el economicismo no es más que una superstición cegadora; pero como herramienta de análisis puede resultar muy útil ya que permite comprender, ordenar y desentrañar cierto rango de sucesos históricos. La economía no es sólo técnica o monetarismo, sino mucho más: Tiene que ver con la política, con la conformación y comportamiento de los sujetos colectivos en cualquier ámbito, y determina también aspectos importantes de las condiciones de posibilidad para la innovación. El lector podrá achacarme un cierto determinismo económico en algunos análisis. Es evidente que no puede tratarse de un enfoque con ambición explicativa universal, pero hay que tener en cuenta que el tema central del trabajo es la química *industrial*. Ha de darse una relación directa y estrecha entre la industria y la economía. Según Javier Ordóñez,

“La ciencia y la tecnología sirven para medir el grado de desarrollo de una sociedad... En las historias de la economía es muy habitual que se les utilice como índice de referencia. Eso nos indica que la ciencia y la tecnología son productos y se tratan fundamentalmente como productos, igual que en el siglo pasado lo eran el acero y el carbón.”<sup>15</sup>

Será interesante incluso preguntarse acerca de si se trató, en este caso, de una relación de subordinación de la ciencia a la industria, y por lo tanto de la ciencia a la economía y a la guerra a través de la industria. La mayor ventaja

---

<sup>15</sup> Ordóñez (2003), p. 56.

de la explicación económica es que proporciona un discurso fácilmente racionalizable sobre los intereses y acciones humanos, mientras que su mayor desventaja sea quizá que aboca a una perspectiva parcial de los fenómenos, induciendo a descartar otras categorías explicativas, excluyendo de la narración aquello que resulta indeterminado y aleatorio para sus herramientas de análisis, por ejemplo decisiones influidas por las emociones, sesgadas por falta de información, valores culturales, marcos de decisión o las inconsistencias inevitables en todo discurrir social y humano.<sup>16</sup> Sin embargo, me ha resultado una aproximación interesante por su potencia para ordenar los temas y articular el nivel básico del discurso relativo a la industria; no en vano, muchas de las fuentes disponibles enfocan el problema que trato mediante razonamientos de tipo económico.<sup>17</sup> Tampoco hay que olvidar que la Primera Guerra Mundial se convirtió paulatinamente en un pulso industrial y económico, una tendencia que necesariamente incluyó, a través de la militarización de la investigación, a la ciencia implicada, impregnándola de los valores, la mentalidad y el estilo propios de la producción en masa. En definitiva, soy consciente de que la perspectiva económica es sólo una herramienta intelectual, una de las múltiples caras de una verdad histórica poliédrica y muy compleja. Por ello, sobre esta articulación básica, abordaré el tema desde otras perspectivas y múltiples ángulos: Siempre que me sea posible tendré en cuenta enfoques propios de la historia de la ciencia y de la tecnología, perspectivas de la historia política o militar, ideas y herramientas de análisis procedentes de diversas corrientes de pensamiento, dado que, como escribe Javier Ordóñez reflexionando en torno a la segunda ley de Kranzberg<sup>18</sup>,

---

<sup>16</sup> Kahneman (2011).

<sup>17</sup> Referentes como Koistinen (1997), Taylor, Sudnik (1984), Haynes (1954), aa.vv. en Lesch (2000) y Travis et.al. (1998), e incluso, en gran medida, Haber (1971).

<sup>18</sup> Kranzberg (1986), p. 545.

“... la socorrida afirmación de que la necesidad es el único factor para la invención es más bien un reduccionismo economicista interesado y que, en realidad, el ser humano a inventado desde siempre, desesperada y exuberantemente, cosas por completo inútiles que se vuelven útiles por el sencillo hecho de que las ha inventado.”<sup>19</sup>

Como trataré de desarrollar en el primer capítulo, en torno al cambio de siglo el marco institucional que gobernaba la producción científica en el Segundo Imperio Alemán sufrió una profunda transformación. El joven Reich creó instituciones al margen de la universidad con el fin de conectar los ámbitos académicos con los industriales y civiles: Instituciones como el *Physikalische-Technische Reichsanstalt* (Instituto Físico-Técnico Imperial, PTR) o la *Kaiser-Wilhelm Gesellschaft* (Sociedad Káiser Guillermo, KWG) pueden comprenderse como parte de un proceso de modernización científica y tecnológica. La “cientifización” de amplias esferas de la vida pública estaba ya presente en Alemania en torno a 1900, justificando la búsqueda de los orígenes de una emergente sociedad del conocimiento en la década de 1880, mucho antes que en cualquier otra nación.<sup>20</sup> Las universidades y escuelas técnicas superiores (*Technische Hochschule*) alemanas eran instituciones contemporáneas en el sentido de la diferenciación funcional, la organización disciplinar y el contexto académico autónomo. El esfuerzo por optimizar interacciones entre diferentes facultades y coordinar el uso de instalaciones y recursos, favoreció el contacto entre disciplinas y propició una producción científica muy por encima de las posibilidades que hubiera ofrecido una supuesta investigación elaborada por “genios aislados”, perspectiva típica de formas heroicas, por fortuna ya desfasadas, de interpretar la historia de la ciencia. Aunque este sistema aún no tenía como objetivo programas de

---

<sup>19</sup> Ordóñez (2003), p.78.

<sup>20</sup> Szöllosi-Janze (2001, 2 y 2005).

investigación y desarrollo a gran escala, preparó el camino y la mentalidad de docentes e investigadores. La naturaleza dinámica de este cambio resultaba ya evidente para algunos contemporáneos. El historiador Theodor Mommsen sentía en 1890 que la ciencia tenía también una dimensión social:

“Al igual que el gran estado y la gran industria, la gran ciencia, que es conducida por individuos más que practicada por ellos, es un elemento crítico de nuestro desarrollo cultural”.<sup>21</sup>

Con la unificación alemana y proclama del Segundo Reich comenzó un traslado de la producción de conocimiento desde el tradicional marco académico hacia ese contexto más amplio, que incluía la aplicación técnica de descubrimientos científicos, la industrialización de la ciencia y, finalmente, proyectos de investigación cuyo estudio desde una perspectiva actual ayuda a comprender que preludiaban el surgimiento de la “Big Science”. En gran medida, estos cambios realizaban, adaptándose a los nuevos tiempos, la visión que de la ciencia tenía el viejo profesor Liebig, responsable de la excelente escuela química alemana. A mediados del siglo XIX, pocos científicos aparte de Liebig pensaban que su trabajo pudiera tener interés para la industria.<sup>22</sup> Las instituciones dedicadas a la investigación y normalización, incluyendo los laboratorios industriales de grandes compañías (como las químicas Bayer y BASF, las eléctricas Siemens y AEG, la metalúrgica Krupp,...) se convirtieron en espejo y, al mismo tiempo, vehículo de los cambios económicos y sociales.

Ubicando la ciencia, como sistema cognitivo y social, en el centro de interés histórico y centrando la mirada en el comportamiento, escritos, discursos y temas de investigación de los científicos<sup>23</sup>, el carácter de cesura que con frecuencia se atribuye a las guerras totales del siglo XX no resulta tan obvio como se pudiera pensar. Destacan, por el contrario, no tanto los

---

<sup>21</sup> Citado en Ritter, G.A. (1992), p.12.

<sup>22</sup> Brock (1997), caps.5 y 8.

<sup>23</sup> Echeverría (1999), caps. 8 y 9.

cambios (fundamentalmente cuantitativos) que provocaron las guerras, como las continuidades en personal, contenido e instituciones: Los científicos aparecen como sujetos activos que comprenden como utilizar las nuevas condiciones políticas para sus propios fines. En muchos casos se movilizaron por propia iniciativa, ofreciendo sus habilidades para fines militares mucho antes de que los generales comprendieran el profundo significado de la contienda que se avecinaba. En este trabajo intentaré demostrar que la configuración de estos nuevos marcos, en los que ciencia, industria y política mantuvieron estrechas relaciones y se necesitaron, legitimaron y estabilizaron mutuamente, anticipó los proyectos de “Big Science” que se consolidarían tras la Segunda Guerra Mundial, especialmente en los Estados Unidos. Si bien el caso alemán, debido a diversos factores, no alcanzó el volumen ni la implantación que conseguiría su parangón norteamericano, sí que presentaba, ya durante la Gran Guerra, características incipientes de “Big Science” en sus programas de armas químicas o nitratos sintéticos, demostrando gran capacidad de influir directamente en la forma de hacer la guerra.

Por “ciencia industrial” entenderé el trabajo científico, desarrollado mediante fondos privados con el fin de crear o mejorar bienes destinados al mercado de consumo. Este trabajo obtiene la categoría de “científico” al estar basado en protocolos y metodologías considerados como tales, además de ser ejecutados, en la mayor parte de los casos, por individuos con formación académica oficial. Sin embargo, es la intencionalidad directa (la obtención de beneficios económicos), así como los peculiares mecanismos de difusión y recompensa, lo que nos obliga a diferenciar este tipo de investigación de los resultados científicos tradicionales o académicos.<sup>24</sup> Instituciones públicas destinadas a tender puentes entre ciencia e industria, tales como el

---

<sup>24</sup> Así, por ejemplo, la noción de ciencia industrial que se puede apreciar en Hounshell, Smith (1988) o Lesch (2000).

*Physikalisch-Technische Reichsanstalt* (PTR), la *National Bureau of Standards* (NBS), la *Kaiser Wilhelm Gesellschaft* (KWG) o el *National Research Council* (NRC) pueden entenderse como parte de un profundo proceso de modernización científica y tecnológica basado en técnicas de normalización y estandarización. Estas técnicas aumentaron enormemente la competitividad de los procesos industriales y dotaron a los respectivos países de una capacidad de investigación adecuada a las nuevas necesidades de movilización uniforme de la producción industrial que se presentaron tras el estallido de la Primera Guerra Mundial.

Ya a finales del siglo XVI el fabricante Hartmann de Nuremberg ofrecía mosquetes de calibre normalizado, y en las guerras napoleónicas todas las armas de fuego de cualquier ejército aspiraban a poder utilizar una munición estandarizada. En otras palabras, hace siglos que la producción de armamentos en masa y la normalización están indisolublemente unidos.<sup>25</sup> A lo largo del siglo XIX los ejércitos crecían y el consumo de material era colosal en relación con los recursos disponibles. No resulta sorprendente, por tanto, que las fábricas dedicadas a la producción de armas de fuego y pólvora fueran las primeras en asumir un carácter contemporáneo y que los gobiernos se hicieran cargo de la producción de explosivos, municiones y uniformes. El armamento se convierte así en un objeto tecnológico cuya normalización proporciona superioridad militar, mientras que la industria iba interiorizando valores procedentes de la esfera castrense. En la industria y en la guerra, como en la ciencia (quizá más), es fundamental ser capaz de producir resultados idénticos y objetos intercambiables. La producción en masa tal y como la conocemos resulta inconcebible sin intercambiabilidad de las partes, sin estrategias de reducción de la variedad y la complejidad.<sup>26</sup> Las necesidades militares estimulan una normalización general de la producción, un concepto

---

<sup>25</sup> Sombart, W. (1913), Kaempffert (1941), Perry (1955) o Smith (1987), caps. 1, 2 y 4.

<sup>26</sup> Bush, L. (2011).

complejo que necesita de múltiples aportaciones (en gran parte científicas) y acuerdos, permeando toda la sociedad. A finales del siglo XIX esta influencia era tan profunda que la industria estaba ya en disposición de retroalimentar el proceso, cambiando para siempre la forma de hacer la guerra. Comenzaba la era de las guerras industriales, de las movilizaciones totales, de los frentes de retaguardia (“home front”). Aparentemente tan serena en su curso productivo, la industria hace olvidar a menudo la influencia que la guerra ha tenido sobre ella: Organización, disciplina, normalización, coordinación de transporte y suministro, jerarquización del personal, división de trabajo,... Todo ello (salvo quizá la propia invención) proviene de la experiencia militar o monacal, auténtica pionera medieval de la uniformidad. La estandarización implica procesos y aprendizajes complejos y costosos, en los que han de participar muchos actores, por lo que no puede imponerse de la noche a la mañana. El salto tecnológico que supuso la Gran Guerra se explica sólo en una pequeña parte por el enorme esfuerzo que se hizo durante la misma; la tradición y la inercia explican mucho más, y la normalización el resto. El ejército y la industria son máquinas normalizadas, pero hace falta optimizar previamente esos estándares: Entre las nieblas de la guerra, las innovaciones sólo se pueden introducir a escala experimental. Instituciones como el PTR y la NBS garantizaron que existía esa preparación antes de la guerra.

Como era de esperar, las nuevas redes tecno-científicas se adaptaron con facilidad a las necesidades surgidas de la Gran Guerra. Tales redes se revelaron como proyectos tecnológicos en sí mismos, proyectos complejos pero muy inerciales, esto es, difíciles de parar una vez que han alcanzado cierta consolidación. Dicha inercia procede, siguiendo la metáfora del “momentum tecnológico” propuesta por Hughes<sup>27</sup>, de la “masa” de las

---

<sup>27</sup> Hughes (1969, 1985).

prácticas comunicativas y normativas, de los protocolos y, en conjunto, de la política científica explícita que desarrollan este tipo de organismos.

Muy especialmente la química, como industria con base científica, confirma la creciente importancia que tuvo desde la década de 1880 la investigación para la producción, el crecimiento económico y la carrera de armamentos. Desde su emergencia en el siglo XIX la industria química alemana tuvo como objetivo el reemplazo de tintes naturales por sintéticos. Ya durante la Gran Guerra, bajo la presión de una acuciante escasez de alimentos y materias primas, no pudo sino seguir su irreversible camino de “Ersatz”, desarrollo de todo tipo de sustitutos sintéticos. Amparadas por la protectora economía de guerra, innovaciones tales como el Nitrógeno sintético Haber-Bosch, basada en la catálisis a alta presión, configuraron el crecimiento de la gran industria. En la posguerra esta tendencia no se vio sino reforzada tanto económica como ideológicamente: Existía ya un acuerdo tácito y generalizado acerca de la necesidad de una economía independiente de las importaciones, potencialmente capaz desenvolverse en el contexto autárquico de una guerra mediante la inversión en tecnología. Aquellas naciones preparadas para la guerra aprendieron a percibir la ciencia y la tecnología como medios fundamentales para concentrar los recursos nacionales en proyectos específicos. Era la perspectiva que ya en 1911 habían preconizado los visionarios padres de la KWG, cuyo trabajo permitió a Alemania continuar la guerra más allá del invierno de 1916<sup>28</sup>: Mediante el apoyo del estado y la industria había emergido, en los años inmediatamente anteriores a la guerra, un completo sistema de institutos de investigación, laboratorios de desarrollo e institutos universitarios a los que la gran industria estaba estrechamente unida en todos los niveles de producción de conocimiento. Estos sistemas de comunicación y control que crecieron con la guerra probaron ser tan estables como las instituciones en las que se habían

---

<sup>28</sup> Johnson (1990).



llevado a cabo los grandes proyectos de investigación y desarrollo. Sobrevivieron a la posguerra y la desmovilización, y sirvieron de germen a la nueva expansión de la ciencia que provocarían las guerras por venir.

La emergencia de la ciencia y la tecnología como elementos visibles de la política de guerra se refieren a menudo a los grandes proyectos desarrollados durante la Segunda Guerra Mundial (Radar, Manhattan, Peenemünde,...), pero es en tiempo de paz cuando los proyectos de guerra encuentran su origen y los discursos de legitimación son convenientemente hilados. Tal y como aconsejaba Sun Tzu.:

“Cuando el mundo está en paz, un hombre de bien mantiene su espada al alcance de la mano.”<sup>29</sup>

Para comprender el papel de las instituciones científicas en períodos de confrontación violenta es necesario, por lo tanto, tener en cuenta la retórica desplegada por los científicos, industriales y diseñadores de políticas científicas y económicas antes de la propia guerra, aún en tiempos de paz. La investigación histórica de la preparación científica y tecnológica para la guerra, especialmente enfocada en los procesos de normalización y estandarización, permite un análisis detallado de las prácticas comunicativas que conducen a estos nuevos protocolos, metodologías y, finalmente, políticas científicas explícitamente relacionadas con la tecnología militar entendida en un sentido amplio, como toda aquella que permite la prosecución de la guerra, y no sólo como el armamento que se utiliza en el frente.

Con la colaboración entre el estado, la industria y la ciencia nos encontramos ante una constelación altamente relevante para la comprensión de la importancia que la ciencia y la guerra (o su amenaza) tienen la una para

---

<sup>29</sup> SunTzu (1974), Cap. VIII, vers. 16.

la otra. Aquí, miembros de diferentes subsistemas sociales se congregan en torno a intereses comunes con el fin de promover la investigación a gran escala con objetivos específicos. Como se verá, los científicos representaron un importante papel a la hora de poner en marcha los primeros intentos de este tipo de colaboración a largo plazo y gran escala ya antes de la Primera Guerra Mundial. Su poder e influencia no hicieron sino crecer durante la misma. Como mediadores profundizaron en las relaciones entre la ciencia, el estado y la gran industria, incrementando indirectamente la necesidad de emplear a expertos en profesiones basadas en el conocimiento científico. Como organizadores consiguieron anclar de forma permanente la ciencia y la tecnología en relaciones cooperativas, institucionalizando su contribución a la solución de problemas sociales, económicos y técnicos. Finalmente, los mismos patrones tecnocráticos estimularon de forma efectiva la innovación en el ámbito de la investigación, demostrando claras similitudes con la “gran ciencia” contemporánea. Este nuevo tipo de investigación científica organizada se consolidó con éxito durante la Gran Guerra, acabando por cristalizar en el crecimiento exponencial de la ciencia que vivimos hoy: Las tendencias seculares de la investigación contemporánea, tales como la aplicación de tecnología a la investigación básica o la transferencia de ésta de las universidades a la industria, son apreciables ya en los últimos años de la Alemania Guillermina y la “progressive era” estadounidense.

La sociología de las sociedades del conocimiento define la modernización de una forma políticamente neutral, como una extensión de las capacidades de acción individuales y sociales, basada en el conocimiento científico.<sup>30</sup> Como destaca Javier Ordóñez en su libro “Ciencia, Tecnología e Historia”,

---

<sup>30</sup> Böhme, Stehr (1986), Stehr (1994, 1 y 2), Gibbons et.al. (1994).

“Una de las cosas que nos enseñan las relaciones entre ciencia y tecnología en el mundo contemporáneo es que hay una tercera pata del trípode importantísima, y que en función de ella la ciencia y la tecnología son fecundas o no, resuelven o no los problemas, incluso los plantean mejor o peor, y es la pata social. La ciencia y la tecnología se incardinan en una sociedad, en un contexto social y cultural.”<sup>31</sup>

A la hora de pensar esta incardinación en diferentes contextos sociales y culturales, es importante contar con la disposición a dudar acerca de si los procesos de “cientifización” se dan necesariamente ligados a un sistema político plenamente democrático.<sup>32</sup> El ejemplo alemán muestra una notable participación de la ciencia y la tecnología bajo un régimen político escasamente democrático (más tarde incluso totalitario). La transferencia de racionalidad científica desde la esfera técnica a la social es aquí especialmente clara, sin impedimento del modelo político de gobierno e incluso, como se verá en los epígrafes dedicados a la Kaiser Wilhelm Gesellschaft o las relaciones entre industriales y gobierno en Alemania, en ocasiones facilitado por la eficacia decisoria de estructuras elitistas y autoritarias. A lo largo de este trabajo de investigación discutiré en diversas ocasiones acerca de la influencia del modelo político en el desarrollo de sistemas institucionales avanzados de investigación; mediante la comparativa de los casos alemán y estadounidense estaré en condiciones de concluir que, en el periodo fundacional de tales sistemas, no existía un único modelo político posible en el que pudieran desarrollarse. Racionalización siempre implica estandarización, diferenciación de desviaciones típicas seguida del intento de establecer una norma. A menudo la aplicación de esta norma puede resultar inhumana (pienso ahora especialmente en el caso de la guerra química), pero difícilmente podrá ser calificada de acientífica. La teoría de la “sociedad del conocimiento” no puede

---

<sup>31</sup> Ordóñez (2003), p. 58.

<sup>32</sup> Merton(1973), cap. *The normative structure of science*, pp. 267-78.

aspirar a comprender la “cientifización” de forma ahistórica, proponiendo una especie de autorregulación teleológica en el curso de los acontecimientos. No se puede sugerir un curso lineal de validez universal, o un modelo único posible, tomando como referente el que finalmente se ha impuesto por el devenir histórico. Por el contrario, intentaré subrayar la ambivalencia, las posibilidades y las tensiones implícitas en ese desarrollo tal y como históricamente tuvo lugar, teniendo en cuenta las peculiaridades de cada modelo, el alemán y el estadounidense.

El interés de atender a las relaciones entre ciencia y régimen político resulta doblemente atractivo en este periodo teniendo en cuenta que, al contrario que en la Segunda Guerra Mundial o la Guerra Fría, en la Primera se enfrentaban estados configurados por sistemas políticos similares. Según Koistinen,

“Combinando la Nueva Libertad con el Nuevo Nacionalismo, el presidente Wilson consiguió una nueva síntesis progresista: Una alianza reguladora entre el gobierno y los negocios como modo principal de la economía política norteamericana del siglo XX. Un gobierno mayor empezaría a actuar como agente de bienestar social y regulador del mercado, pero bajo condiciones por las cuales el regulado actuaba de facto como regulador, o al menos, el regulador compartía los intereses y la ideología del regulado. La “gente de la calle” sería incluida en el trato mediante un modesto estado social que amortiguaba las peores consecuencias del capitalismo y mantenía las masas leales al sistema.

El modo de funcionamiento de este sistema era elusivo durante los años de paz dado que las actividades del gobierno, los negocios y las masas parecían proceder en planos diferentes que se tocaban sólo esporádicamente, pero una economía de guerra hizo que el sistema resultara claro y palpable. El funcionamiento de la Junta de Industrias de Guerra (*War Industries Board*, WIB) reveló plenamente la dinámica de la alianza reguladora entre el

gobierno y los empresarios... Los patrones elitistas eran evidentes a todos los niveles y limitaban los principios democráticos que instruía la constitución. En la práctica la movilización tuvo lugar a través de agencias con personal designado a dedo entre elementos de las clases dirigentes y la élite industrial, que operaron lejos del escrutinio público, en consonancia con la estructura subyacente previa del sistema sociopolítico estadounidense.”<sup>33</sup>

Esta consideración del régimen estadounidense como un sistema democrático en sus formas pero elitista en esencia hace aún más pertinente la elección de ambas naciones para una historia comparativa, y más factible el análisis paralelo de las relaciones entre ciencia, industria y gobierno en el momento de su configuración para la prosecución de la guerra por parte de Alemania y Estados Unidos. Me reafirma, además, en la decisión de sostener como una de las tesis generales del ensayo la importancia determinante que tuvo la formación, en relación con la guerra, de un complejo de intereses compartidos por esos tres grupos sociales en la emergencia de los sistemas contemporáneos de investigación académica-industrial.

El *American-English Dictionary* de Oxford define la “guerra total” como aquella que no contempla restricciones en cuanto a las armas utilizadas, el territorio y los combatientes implicados o los objetivos perseguidos, y especialmente aquella en la que no se observan las leyes de la guerra.<sup>34</sup> Resultado tanto de una determinada organización socioeconómica como de una decisión militar o política, se puede entender de forma más amplia la “guerra total” como aquella que exige la colaboración de sistemas sociales enteros y reta a los estados a canalizar todos los recursos nacionales, materiales y humanos hacia la producción de guerra, convirtiendo estos

---

<sup>33</sup> Koistinen en Boemeke et.al. (1999), pp.61-2. La traducción es mía.

<sup>34</sup> <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/total-war>.

recursos civiles en objetivos militares legítimos. Esta definición plantea una serie de exigencias metodológicas, dada la amplitud del contexto analítico que requiere el concepto: La historia de una guerra total ha de ser también una historia cultural, social, política y, como defenderé aquí, científica y tecnológica.<sup>35</sup> De lo contrario el concepto de “guerra total” se puede convertir en la excusa para narrar una historia romántica y teleológica en la que la guerra sería el sujeto y su autoafirmación (*Selbstbehauptung*), el tema.<sup>36</sup>

La Gran Guerra demostró la importancia de movilizar la ciencia y la tecnología: Hidrogenación a gran escala para abonos y explosivos (más tarde gasolina y caucho), suministro de materias primas, armas químicas (creación del mito de la “Wunderwaffe”), metalurgia, electrotecnia y mecánica de precisión, tecnología submarina y aeronáutica, organización de la producción y planificación de la economía de guerra (que a partir de entonces se llamó simplemente “preparedness” en el mundo anglosajón, )... En resumen, la era de la ciencia hizo también de la guerra un asunto “científico”. Siendo la guerra una de las principales preocupaciones de los estados industrializados durante el siglo XX, la innovación tecnológica aparecía con frecuencia primero en la industria militar, o en aquella que estaba bien situada para su inmediata conversión a fines bélicos. Todas las industrias eran consideradas ya en función de su potencial importancia estratégica, toda la vida económica e intelectual de una nación debía ser incluida en la preparación para una posible guerra total. En palabras del Presidente Dwight D. Eisenhower, que no en vano había servido durante el período de entreguerras en el departamento de planificación económica del ejército,

---

<sup>35</sup> Para una comprensión de la Guerra más amplia y profunda de lo que resulta habitual en la historia militar, Ordóñez (2001, 2004 y 2012).

<sup>36</sup> Ver Chickering en Boemeke, et.al. (1999), “*Total War: The Use and Abuse of the Concept*”, pp. 13-28. Un muy influyente ejemplo de tal historia romántica y teleológica, que ha fijado el concepto para buena parte de la historia militar posterior, es Ludendorff (1919 y 1935).

“No importa cuánto gastemos en armas, pues la seguridad ya no radica sólo en las armas, sino que es el producto total de nuestras fuerzas económicas, intelectuales, morales y militares.”<sup>37</sup>

Como se verá en este trabajo a través de sus ejemplos más tempranos, los mismos avances científicos y tecnológicos que dictaron una revolución armamentística, acabaron también con la distinción entre los mundos civil y militar, así como entre las funciones económicas públicas y privadas. Los presupuestos que se pusieron a disposición de programas con base científica fueron correspondientemente elevados. En Alemania, una burocracia ministerial tradicional y conservadora, bajo el mando de la autoridad militar coaligada con los grandes industriales, tuvo éxito al movilizar profundamente la economía (“tiefe Aufrüstung” o rearme profundo) y conceder a la investigación un alto grado de autonomía, confiando además en los líderes de la esfera científica para organizar su producción de suministros estratégicos.<sup>38</sup> En Estados Unidos se dio un proceso análogo, pero conformado por las peculiaridades de la estructura política (democracia presidencialista) y socioeconómica (liberalismo capitalista) de ese país. El esfuerzo de movilización estadounidense se vería también condicionado por su tardía entrada en la guerra, en Abril de 1917, así como por el estado previo de la tecnología industrial de la nación, netamente inferior a la alemana en lo que a la química se refiere.<sup>39</sup> Creo que una de las posibilidades más ineteresantes entre las proporcionadas por el tema y el enfoque elegidos será la comparación de estos dos procesos de movilización nacional: A ello dedicaré buena parte de las reflexiones y conclusiones del ensayo.

Como toda relación simbiótica, la alianza entre la tecnocracia estatal, la gran industria y la movilización de los científicos proporcionó ventajas a cada

---

<sup>37</sup> Eisenhower, D., *Spending into trouble*, Saturday Evening Post, 18 de Mayo de 1963, p.18.

<sup>38</sup> Chickering, Förster (2000), pp. 48-9.

<sup>39</sup> Koistinen (1997)

una de las partes: En Alemania, bajo la influencia de Haber y Rathenau, los recursos de investigación y desarrollo se concentraron en proyectos con orientación tecnológica, incrementando la eficiencia y capacidad de las instalaciones industriales, haciendo posible el programa de armamentos de Hindenburg y Luddendorf. En 1917 la implicación (“auto-responsabilización”) industrial se convirtió en una cruzada ideológica, y la introducción de modernas técnicas de organización y administración en el suministro de las fuerzas armadas fortaleció la ética cooperativa entre el gobierno y la comunidad industrial. Como precedente en Alemania existían, ya mucho antes de la guerra, estrechos lazos entre el ejército y las compañías dedicadas al armamento y el acero (epígrafe 2.2), constituyendo quizá una alianza inevitable en el ambiente militarista prusiano. La conocida como “tesis de Fischer” (por el nombre de su más arduo defensor), relaciona los afanes imperialistas de la Alemania Guillermina con sus tensiones internas y la peculiar dicotomía entre un tejido socioeconómico contemporáneo y formas de gobierno propias del antiguo régimen.<sup>40</sup> Sin embargo, no hay que perder de vista el hecho de que otros países aparentemente no contaminados por el militarismo también habían tenido en cuenta la movilización industrial. En concreto Estados Unidos estaba inmerso también en la carrera naval y había aprobado, ya antes de la Gran Guerra, las denominadas “educational orders” (“pedidos educativos o preparativos”) para ayudar a la industria y el ejército a pasar con mayor facilidad de la planificación a la movilización. Según esta legislación, sin las restricciones que impone la libre competencia, el ejército podía firmar contratos con empresas seleccionadas para la producción limitada de armamento de última tecnología. De ese modo la industria acumulaba las herramientas y la experiencia necesaria para una futura producción en masa, mientras que el ejército podía probar nuevos diseños e

---

<sup>40</sup> Fischer (1967, 1975, 1986).



incluirlos en sus planes de combate.<sup>41</sup> En el caso norteamericano destacaron también, como se verá en el capítulo 4 , la iniciativa y el voluntarismo civiles, tanto de científicos (Hale) como de industriales (Coffin), a la hora de preparar la ciencia y la industria para la movilización antes de Abril de 1917 (movimiento “preparedness”).

No podría concluir esta introducción sin hacer una mención más elaborada al ya citado artículo de Melvin Kranzberg.<sup>42</sup> Sus seis “leyes de la tecnología”, así como la metodología de sus trabajos<sup>43</sup>, me han inspirado, consciente e inconscientemente, a lo largo de toda la investigación. En las páginas que siguen el lector encontrará ejemplos de que “la tecnología no es ni buena ni mala, ni tampoco neutral”, puesto que “los desarrollos tecnológicos tienen consecuencias que van mucho más allá de los objetivos inmediatos de los artefactos y prácticas tecnológicas por sí mismas, y la misma tecnología puede tener resultados muy diferentes cuando es introducida en contextos diferentes o bajo diferentes circunstancias... Por lo que a la hora de juzgar la eficacia del desarrollo tecnológico los historiadores debemos tener en cuenta los diferentes contextos sociales y esto sólo se puede conseguir viendo como la tecnología interacciona de diferentes maneras con valores e instituciones diferentes y, de hecho, con todo el medio sociocultural.” Así, por ejemplo, en las diferentes aproximaciones a la investigación industrial y al programa de armamentos químicos entre Alemania y Estados Unidos.

---

<sup>41</sup> Koistinen (1997), caps. 3 y 4.

<sup>42</sup> Kranzberg (1986). Los entrecomillados que siguen son, todos ellos, citas de este artículo.

<sup>43</sup> Kranzberg, Pursell (1967) y <http://www.library.gatech.edu/archives/finding-aids/view?docId=ead/MS157-ead/MS157-ead.xml>; query=; brand=default para su larga colección de artículos.

Encontrará también ejemplos de cómo “la invención es la madre de la necesidad” (y no al contrario, como a menudo se tiende ingenuamente a pensar), obligando a los poseedores de la nueva tecnología a utilizarla y a los competidores a imitarla, tanto más en un contexto de guerra. Sucede así con las armas químicas y con la decisión global de iniciar la producción de nitrógeno sintético y tintes en la posguerra, a pesar de que el acceso a los nitratos minerales seguía siendo fluido y se podían reanudar las importaciones alemanas de productos orgánicos.

Se verá como, y es ésta una tesis que Kranzberg comparte con Thomas P. Hughes, “cada innovación tecnológica requiere de avances adicionales para ser plenamente efectiva, cómo los sistemas tecnológicos no pueden contemplarse de forma aislada y generan nuevas propiedades y problemas que requieren tecnologías auxiliares, propiciando la creación de nuevas industrias y dirigiendo las existentes hacia nuevas direcciones lo que, en conjunto, provoca una gran cantidad de cambios en, e interacciones con, los patrones económicos y socioculturales.” Se verá en los inicios de los programas de investigación industriales, en las dificultades de DuPont para igualar a sus homólogos alemanes porque carecían de un sistema global de investigación y desarrollo, en los programas de diversificación limitados inicialmente al nitrógeno y los tintes pero que, a la larga, serían la base de toda la nueva industria química de materiales sintéticos y catálisis de alta presión.

Trataré casos importantes que demuestran cómo “aunque la tecnología puede ser un elemento primario en muchas cuestiones públicas, los factores no técnicos –económicos, políticos o sociales- son preponderantes en la toma de decisiones sobre políticas tecnológicas.” Así, por ejemplo, en las decisiones sobre los programas de investigación que se debían iniciar (o no) en las industrias, sobre cómo debería organizarse el sistema nacional de investigación, tanto en Alemania como en Estados Unidos, determinadas ambas por los tres tipos de factores. No menos decisivas fueron, como

tendré ocasión de exponer en el apartado de “conclusión material”, las consideraciones sobre las relaciones internacionales y los intereses económicos en las políticas tecnológicas de la posguerra, durante la cual, como Kranzberg dice literalmente (p.552), “la política americana se ha convertido en un campo de batalla de grupos de intereses deseosos de aportar las compensaciones requeridas por decisiones ingenieriles”.

El mero hecho de que esté presentando este trabajo de investigación y no otro, me hace deudor intelectual de la quinta ley de Kranzberg: “Toda historia es relevante, pero la historia de la tecnología es la más relevante... Decimos que la nuestra es una era tecnológica. ¿Cómo llegó a serlo? Cualquier historia que ignore el factor tecnológico en el desarrollo social hace poco por ayudarnos a comprender como nuestro mundo ha llegado a ser el que es.”. Intentaré aportar mi granito de arena a la explicación de cómo el mundo ha llegado a ser el que es estudiando la importancia de un sistema tecnológico en el devenir de la Primera Guerra Mundial. Intentaré arrojar también algo de luz sobre “las condiciones, complejidades y problemas de la transferencia tecnológica” (p.556), un tema crucial para el desarrollo económico actual, mediante el análisis de la enorme transferencia de tecnología química de Alemania hacia Estados Unidos que supuso la Gran Guerra. Indisolublemente unido a lo anterior, analizaré también la transferencia de tecnología social que supuso la ejemplaridad mutua entre ambos países a la hora de configurar sus sistemas de investigación públicos, académicos e industriales.

Por último, la sexta ley de Kranzberg advierte que tanto la tecnología como su historia son actividades muy humanas, de que el hombre es un elemento constitutivo del, y constituido por, el proceso tecnológico, y que por lo tanto “la historia de la tecnología puede representar un importante papel en capacitarnos para afrontar los retos que nos esperan ahora y en el

futuro”. Intentaré tener siempre presente esa humildad y esa responsabilidad en el estudio que, ya sin más preámbulos, comienzo a continuación.

## **PARTE 1**

### **PANORAMA EN EL UMBRAL DE LA GRAN GUERRA**

## 1 Un nuevo Paradigma de Institución Científica

Las instituciones científicas de una nación, las universidades, las escuelas de ingeniería o los institutos de investigación, determinan la capacidad de producción de ciencia y científicos de la misma. Resultará, por lo tanto, imprescindible considerar el panorama institucional que, en vísperas de la Gran Guerra, presentaban las dos naciones en las que se centra este ensayo: Con qué instituciones contaban y desde cuándo, qué mentalidad las inspiraba, qué tipo de personal cualificado las poblaba, cómo comprendían el desarrollo tecnológico, cuáles eran sus relaciones con el estado y con la industria, qué influencia pudieron tener todos estos factores en la capacidad de afrontar las exigencias que la guerra iba a imponer a la química industrial... En los dos epígrafes que siguen intentaré responder a estas cuestiones, primero en el caso alemán, después en el estadounidense, terminando por comparar ambos modelos y siempre desde la óptica retrospectiva de su posible valor en la futura movilización general. Éste es también el criterio por el que se han seleccionado las instituciones y los hechos a analizar: Su relevancia en la posterior movilización de la ciencia para la guerra; su papel a la hora de formar profesionales, producir conocimientos y trabar alianzas entre grupos sociales que, como se verá, resultaron imprescindibles para comprender el papel que la ciencia representó en la Primera Guerra Mundial.

Hay que añadir que el cambio de siglo fue un periodo de profunda renovación para las instituciones dedicadas a la ciencia, lo que afectó a sus relaciones con la industria. En estos años se produce el nacimiento de una nueva mentalidad en lo que se refiere a la comprensión de las relaciones entre ciencia y tecnología, lo que conllevó, no sin ensayos y esfuerzos, la creación de instituciones mixtas que fueran capaces de profundizar la base científica de

las “artes” técnicas. Inicialmente este proceso consistió en la creación de escuelas de ingeniería (*Technische Hochschule*, MIT) que incorporaban y actualizaban la noción francesa de *École Polytechnique*, en la que se consideraba fundamental la formación científica de los ingenieros. A medida que estas nuevas generaciones de profesionales se incorporaban a la industria y el desarrollo de los productos adscritos a los sectores punteros con base científica, como la química o la electricidad, exigían un trabajo de investigación cada vez mayor y más especializado, los hombres implicados en estos procesos tomaron conciencia de la necesidad de un tipo de institución completamente nueva y realmente mixta: Institutos de investigación con personal científico de primer nivel, con equipamiento material caro y complejo, libres de docencia y enteramente dedicados a la asistencia a la industria y la investigación con fines tecnológicos. Es así como nacen el *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* (PTR) y la *Kaiser Wilhelm Gesellschaft* (KWG) en Alemania, o la *National Bureau of Standards* (NBS) en Estados Unidos.

Este nuevo tipo de institución era mixta también en cuanto a su base legal y patrocinio económico: Por el propio objetivo que las inspiraba pusieron en estrecho contacto, ya desde su mismo proyecto de institución, al estado, a los directores industriales preocupados por el desarrollo tecnológico de sus sectores y a los científicos e ingenieros capaces de ponerlas realmente en marcha, y que iban tomando conciencia de la relevancia del desarrollo tecnológico para la prosecución de la propia ciencia. Será nuestro objetivo rastrear, en este triángulo de relaciones ciencia-industria-estado que se estaba pergeñando en los años inmediatamente anteriores a la Gran Guerra en torno a un nuevo paradigma de institución científica, las condiciones de posibilidad del complejo militar-industrial característico de las guerras del siglo XX, y que

constituye probablemente una de las causas principales de su escalada y totalización en comparación con las del siglo anterior.<sup>44</sup>

### 1.1 El modelo alemán.

“Los tesoros ocultos de los hijos del Káiser, nutridos por los benefactores de la Sociedad, ayudarán a encontrar en la química y, con ella, en toda la ciencia natural, la auténtica tierra de las posibilidades ilimitadas.”

E. Fischer, 1911.<sup>45</sup>

“Crear, organizar, disciplinar: en esta tríada de espíritu y trabajo alemán, la fuerza militar y la ciencia caminan de la mano.”

A. von Harnack, 1916.<sup>46</sup>

Existen excelentes trabajos que describen, desde diferentes perspectivas, las instituciones científicas alemanas en el periodo que nos ocupa. Se puede comenzar planteando el escenario a través de la mirada de un coetáneo, mediante el sugerente *La Alemania imperial y la revolución industrial* de Thorstein Veblen (1915). Desde una perspectiva más actual, para situarse en el contexto resulta muy útil consultar el extenso monográfico que la publicación alemana

---

<sup>44</sup> Koistinen (1980), caps. 1, 2 y Eisenhower, D. (1961), *Farewell Address to the Nation*, Public Papers of the Presidents 1961, U.S. Government Printing Office, p. 1035.

<sup>45</sup> Fischer, E. (1911).

<sup>46</sup> Adolf von Harnack, presidente de la KWG, en su informe anual. Abril de 1916. *KWG Jahresbericht*, pp.3-5, Adolf von Harnack Papers, Sec. IV, caja 23, Deutsche Staatsbibliothek Berlin. La traducción es nuestra.



*GEO Epoche* dedicó en 2004 a la Alemania de 1900<sup>47</sup>. Profundizando en el tema podemos encontrar Dukes, Remak (1988), una compilación dedicada a revisar diferentes aspectos de la era imperial alemana. De especial interés resultan los capítulos VIII a X de este texto, dedicados a la ciencia y las universidades. En referencia también a las instancias académicas y universitarias destacan especialmente el clásico de Ringer (1969), en el que el autor analiza el declive del mandarinato universitario ante las nacientes escuelas técnicas y las pujantes aplicaciones prácticas de las ciencias, y el trabajo de Burchardt (1975), más atento a la política y el patrocinio de la ciencia desde el gobierno. Profundizan en el tema los trabajos, más actuales, de Lenoir (1998), Szöllosi-Janze (2001 y 2005) , Collin, Hortsman (2004) y Pfetsch (1971). Además, se pueden consultar los interesantes trabajos de Hoffmann (2001) y el monumental libro de Jungnickel y MaCormmach (1986), centrados en el campo de la física. Atendiendfo al caso específico de las Escuelas Técnicas Superiores me gustaría destacar el meticuloso trabajo de Gispén (1989). Las obras de referencia para entender la innovación institucional que supusieron los institutos de investigación de nuevo cuño como el *Physikalisch Technische Reichsanstalt* y la *Kaiser Wilhelm Gesellschaft* son Cahan (1984 y 1989) y Johnson (1990). Por último, y apuntando ya a la utilidad de la ciencia para la guerra a través del *Ersatzprogramm*, se encuentran referencias como Rasch (1989) o Armeson (1964).

La característica distintiva de Alemania respecto del resto de países europeos fue su liderazgo a la hora de crear un sistema avanzado de educación superior e investigación, del mismo modo que Gran Bretaña había liderado, décadas antes, la revolución industrial. Esto trajo consigo que se estableciera una clase media-alta de elites culturales mucho antes de que su

---

<sup>47</sup> Schaper (Ed., 2004).

posición se viera amenazada abruptamente por la rápida industrialización y democratización política después de 1871. Esta descripción puede intuirse inicialmente como paradójica, pero sólo lo sería por comparación con el modelo inglés, o si se intentara encuadrar en un marco analítico de inspiración marxista. El Alemán es un modelo peculiar y característico en sí mismo, y como tal hay que analizarlo. De las tensiones suscitadas por este peculiar modelo, así como de las potencialidades que de él se derivaban, surgieron las posibilidades de llevar a cabo programas de investigación que pudieran tener fines industriales, de que la industria dispusiera de científicos educados acorde a sus necesidades y de crear Institutos de Investigación avanzados. De las peculiaridades del modelo científico, educativo y social alemán dependería también el funcionamiento real de las instituciones que determinarían el papel de la química alemana durante la Gran Guerra. Es fundamental, por lo tanto, para los objetivos de este ensayo, prestar atención al panorama de las instituciones científicas en la Alemania Guillermina.

Para ello atenderé al estado y mentalidad de la ciencia académica alemana, al funcionamiento de las universidades en torno al cambio de siglo, e intentaré ponerlo en relación con el peculiar modelo de desarrollo social alemán de ese periodo, calificado por diversos autores de “modernización conservadora”.<sup>48</sup> A continuación me fijaré en las escuelas técnicas superiores, instituciones responsables de producir a los ingenieros que la industria necesitaba y clave para entender la mentalidad de la técnica industrial alemana. En los apartados dedicados al Phisikalisch Technische Reichsanstalt (Instituto Físico-técnico Imperial, PTR) y a la Kaiser Wilhelm Gesellschaft (Sociedad Káiser Guillermo, KWG), se podrán comprobar los frutos de las políticas científicas anteriores: La consecución de instituciones de investigación avanzadas y mixtas, cooperativas entre academia e industria, enfocadas al aprovechamiento práctico de la ciencia. Finalmente, y como

---

<sup>48</sup> Terminó utilizado por Jonson (1990), entre otros.

resultado del trabajo de estos institutos avanzados, pero también de la retórica de confrontación internacional dominante, atenderé al incipiente programa alemán de sustitución de materias primas (*Ersatz*) con el fin de dotar al país de independencia respecto a las importaciones y, en caso extremo, de la capacidad de sobrevivir al bloqueo durante una guerra prolongada.

### **Universidades y Mandarines.**

Entre 1870 y 1914 Alemania se transformó en una nación altamente industrializada. Poco antes de la unificación se había iniciado un gran florecimiento económico que el Segundo Reich contribuyó a fortalecer. Después, el índice de crecimiento económico aumentó aún más deprisa, alcanzando su cenit entre 1890 y 1914. Semejante desarrollo no tenía precedentes en cuanto a su velocidad y repercusiones. La población de los estados alemanes pasó de unos 42,5 millones en 1875 a unos 68 millones en 1915. En 1871 aproximadamente el 64% de los alemanes vivían en comunidades menores de 2000 habitantes. La cifra disminuyó lentamente hasta 1890, pero en 1910 había caído ya hasta el 40%. Mientras tanto, la proporción de alemanes empleados en el agricultura disminuyó desde el 42% en 1882 hasta el 33% en 1907. Factorías y las Minas surgieron allí donde antes sólo existían granjas. La industria alemana de maquinaria empleaba a 356.000 obreros en 1882, cifra que ascendió a 1.120.000 en 1907. En la producción siderúrgica, Alemania se encontraba en 1860 por detrás de Francia y muy por detrás de Inglaterra. Sin embargo, en 1910 ya fabricaba más lingotes de hierro y más acero que ambas juntas. Al cabo de unas pocas décadas, Alemania pasó

de ser una nación relativamente atrasada y predominantemente agrícola a constituir una de las mayores potencias industriales del mundo.<sup>49</sup>

Una peculiaridad de la experiencia alemana fue que la producción a gran escala siguió casi inmediatamente al inicio de la expansión industrial. En la década de 1890 grandes cárteles controlaban ya gran parte de la producción, lo que suponía una notable concentración de poder económico en las manos de unos pocos gigantes. Durante los años 70 se formaron varias asociaciones empresariales para defender la protección de aranceles; en 1876 los dirigentes de la industria pesada formaron una poderosa liga, y el consumo de bienes industriales se organizó de manera similar en 1895. En 1893 la Liga Agraria unió a los magnates terratenientes (muchos de ellos pertenecientes a la nobleza, o “Junkers”) del noreste. Los obreros, por su parte, se unieron también para conseguir una mayor protección de sus derechos, y en 1910 los sindicatos, próximos al partido socialdemócrata contaban con cerca de dos millones de afiliados.<sup>50</sup>

En esa época resultó especialmente difícil impedir que estos poderosos bloques económicos controlaran la vida política e institucional de la nación. El sistema gubernamental estaba mal preparado para hacer frente a sus presiones, no había ninguna tradición de legislaciones “anti-trust” y se opuso poca resistencia a las políticas de aranceles altos. Por el contrario, algunos de los enormes establecimientos financieros gozaron de carácter semioficial desde el principio, y se hizo poco por establecer una clara separación entre el poder económico y el político. Además, la posición constitucional del Reichstag y los hábitos políticos de Bismarck estimularon una concepción bastante estrecha del egoísmo material entre los partidos políticos. El parlamento era débil y no se demostró capaz de articular y hacer valer procedimientos constructivos, puesto que el ministerio no era

---

<sup>49</sup> Las estadísticas de esta sección proceden de Stolper (1940).

<sup>50</sup> Stolper (1940) y Schaper (2004), pp.78 y sigus.

responsable de ello. El canciller, sin embargo, tenía que conseguir una mayoría de votos sobre cualquier tema, de modo que las facciones políticas se hallaban en una posición ideal para negociar y obtener pequeñas concesiones. Los industriales y terratenientes actuaron en la práctica de acuerdo con principios similares: La liga agraria y las corporaciones participaron activamente en el apoyo a diversos partidos políticos. La industrialización fue tan abrupta y las dislocaciones que ocasionó tan notables que las rivalidades económicas y sociales alcanzaron un lugar insólitamente destacado en la vida política del país.<sup>51</sup>

Todo este proceso resultó particularmente perturbador para aquellos elementos de la población marginados por el nuevo sector industrial de la economía. La tradicional clase media-alta no empresarial, compuesta por funcionarios, profesionales y académicos, sentía amenazado su lugar en la sociedad: Durante buena parte del siglo XIX había jugado un papel predominante en la vida política, social y cultural de la nación, y ahora su liderazgo era abiertamente desafiado. El hecho de que este grupo fuera políticamente muy poderoso antes de 1870, y de que perdiera buena parte de su influencia a finales de siglo son circunstancias igualmente importantes que se pueden ilustrar estadísticamente. Aún en 1881 más del 6% de los diputados del Reichstag eran académicos y profesores; el 23% funcionarios administrativos y judiciales; cerca del 15% abogados, teólogos funcionarios municipales y médicos, y menos del 13% industriales o comerciante. En el Reichstag de 1887 el 23% de los diputados eran funcionarios de diversas clases, pero la tendencia ya había cambiado para entonces. Los hombres de negocios, junto con empleados y obreros representaban el 20% del parlamento. Por el contrario, la representación de académicos y profesores se movió entre los límites del 3 al 6% a partir de esa fecha.<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> Dukes, Remak (1988), caps. I y VII. y Schaper, pp. 26 y sigus.

<sup>52</sup> Gebhardt (1960). Ver también Schaper (2004), pp. 44 y sigus.

Empero, los cambios que tendían a transformar el carácter de la política alemana no eran sólo una cuestión de representación electoral; también se alteraba la naturaleza del proceso político. La vieja élite cultivada había empleado un estilo característico de retórica política para defender su influencia preponderante y sus propios intereses. Había recurrido a ideales universales, intemporales e incommensurables de legalidad política, grandeza nacional y creatividad cultural para defender sus puntos de vista. Sus políticos “idealistas” habían evitado desde hacía mucho tiempo la necesidad de ponderar abiertamente los intereses conflictivos, la competencia abierta entre cantidades concretas de poder económico y electoral y un método explícito de negociación y compromiso en la toma de grandes decisiones. La llegada repentina de una industrialización a gran escala cambió todo esto cuando bloques de intereses socioeconómicos recientemente organizados saltaron a la arena de la política para entablar batallas abiertas por alcanzar una influencia cuantitativa.<sup>53</sup>

En los sectores no electivos del gobierno, las clases académicas tuvieron mayor éxito en el mantenimiento de su posición, pero incluso aquí empezaron las nuevas élites productivas a hacer sentir su competencia durante las últimas décadas del siglo. Del estudio llevado a cabo por Karl Dement<sup>54</sup> sobre el ejército podemos concluir que disponer de una elevada educación clásica era algo así como un sustituto de la nobleza de nacimiento. También demuestra que la competencia entre la vieja y la nueva élite por conseguir influencia en el sector no electivo de la vida pública tuvo que adoptar la forma de una lucha por penetrar en las capas superiores del sistema educativo.

De hecho, durante la década de 1880 y posteriormente se hicieron cada vez más insistentes las exigencias de introducir cambios en la organización de

---

<sup>53</sup> Dukes, Remak (1988), cap. III y Veblen (1915).

<sup>54</sup> Demeter (1965). Ver también Dukes, Remak (1988), caps. I y II.

la educación alemana. En los escritos de muchos educadores se entremezclaban las aspiraciones de nacionalismo cultural e incluso los entusiasmos populares (*völkisch*), con ideas socialmente progresistas. A pesar de todo, dentro del movimiento de reforma había un elemento que podía ser adecuadamente descrito como de tendencia demócrata. Muchos de sus patrocinadores eran maestros de enseñanza primaria y profesores de enseñanza media, antes que universitarios. Afirmaban que el sistema educativo alemán estaba compartimentado de una forma demasiado rígida, empleaba métodos de enseñanza anticuados y ofrecía currículums poco adecuados a las necesidades de la industria. Para completar los planes de los reformadores había que ajustar, al menos parcialmente, el currículum de las escuelas medias y superiores a las condiciones económicas y sociales contemporáneas.<sup>55</sup>

La mayoría de las propuestas modernizadoras no se materializaron antes del período de Weimar, salvo algunas excepciones como las *Realschulen*: escuelas burguesas o municipales cuya misión consistía en adiestrar a los jóvenes para puestos administrativos y técnicos en el comercio o la industria. Éstas se encontraban rígidamente aisladas de los *Gymnasium* que daban acceso a la universidad, pero lograron mejorar considerablemente su acreditación hacia finales de siglo. Curiosamente, recibieron apoyo de una de las fuerzas más caprichosas del período guillermino, y con la que nos volveremos a encontrar más adelante: El propio emperador Guillermo II convocó en 1890 una conferencia sobre educación superior, en la que procedió a expresar su insatisfacción personal con diversos aspectos de la educación impartida en el elitista *Gymnasium*. Tras años de batallas entre reformadores y conservadores, otra conferencia educativa tuvo como resultado final el decreto del 26 de Noviembre de 1900, por el que, en principio, se declaraba a las escuelas no clásicas como equivalentes al *Gymnasium*. Como quiera que diversas

---

<sup>55</sup> Szöllosi-Janze (2005).

asociaciones profesionales se habían declarado radicalmente opuestas a admitir graduados de las nuevas escuelas a los exámenes estatales en sus campos respectivos, la acreditación de las *Realschulen* continuó viéndose afectada de graves restricciones. Por otro lado, el ejemplo prusiano estimuló a otros estados alemanes a mejorar la posición de sus escuelas secundarias, de modo que, en 1808, prácticamente todos los graduados de cualquier *Realgymnasium* u *Oberrealschule* alemana disponía al menos del derecho de ingresar en la universidad alemana que eligiera.<sup>56</sup>

En la Alemania de 1900 el organismo socialmente reconocido como productor de conocimiento era, sin ninguna duda, la universidad. La ciencia producida en cualquier otro lugar se veía como mera tecnología, carente del prestigio de la academia humboldtiana. De facto, las universidades estaban bien integradas en la vida social, económica y cultural del país: La importancia de las universidades en la sociedad alemana era enorme en torno a 1885. Su influencia y la estima en que se las tenía procedían de su íntima conexión con las burocracias, de su participación activa en el sistema de exámenes estatales y privilegios, y de su papel tradicional como guardianes del aprendizaje puro. Siguiendo la pauta establecida por Humboldt, las universidades eran financiadas y administradas por los ministerios de cultura, y los directores actuaban a menudo como representantes gubernamentales en los campus. Los tres rangos académicos principales eran los de catedrático (*ordentlicher Professor, Ordinarius*), profesor (*ausserordentlicher Professor, Extraordinarius*) y profesor asociado (*Privatdozent*). En otras sociedades altamente industrializadas un grado universitario competía (y compite) con varias otras medidas de valor y estima social, las más importantes de las cuales son de origen político o económico. En contraste con esto, en la Alemania anterior a

---

<sup>56</sup> Lenoir (1998).



1890, los valores académicos llevaban consigo el marchamo del reconocimiento público y oficial. La clase media-alta no empresarial, la aristocracia mandarinal de la cultura, se había convertido en clase funcionarial dirigente de la nación. Los profesores universitarios hablaban en nombre de esta élite distintiva y representaban sus valores. Los académicos ocupaban un lugar insólitamente eminente en su país, en la medida en que la educación superior constituyó un factor importante en la estratificación social alemana.<sup>57</sup>

El proceso de diversificación institucional comenzó, de forma paralela a la especialización disciplinar y la definición de las subdisciplinas científicas, con la fundación de las *Technische Hochschulen* por iniciativa de los *Länder*, que según la legislación del Reich gozaban de amplias prerrogativas en política educativa. Las universidades perdieron poco a poco su monopolio en favor de una red de nuevas instituciones; a las puramente académicas se unieron otras que, de forma cada vez más marcada, eran promovidas y financiadas por inversores interesados. Esta tendencia se vio estimulada por la rigidez del sistema universitario alemán, constituyendo un ejemplo arquetípico de la intensidad con la que las instituciones dan forma a carreras y métodos científicos, la influencia de su organización en las técnicas, prácticas y estilos de investigación, así como del papel de las mismas a la hora de bloquear o redirigir la creatividad y la organización disciplinar del conocimiento. Salvo en casos excepcionales, como la academia de Heidelberg, la universidad alemana se opuso a la especialización y no se preocupó por fomentar disciplinas aplicadas que pudieran amenazar su ideal de ciencia “pura”.<sup>58</sup>

Pero volvamos a centrarnos en la universidad, para la que la era Guillermina fue un período de gran prosperidad material y expansión del alumnado. El crecimiento resultó especialmente vigoroso entre los años 1882

---

<sup>57</sup> Ringer (1969). También Dukes, Remak (1998), caps. IX y X.

<sup>58</sup> Gispén (1989).

y 1908, mientras Friedrich Althoff estuvo al cargo del ministerio de cultura prusiano. Althoff era un administrador inteligente y relativamente poco convencional. Fue él quien dirigió la acreditación de las *oberrealschulen* en 1900, y concedió a las escuelas técnicas superiores (*Technische Hochschule*) el derecho a conferir grados de doctorado un año antes.<sup>59</sup> Aunque la mayoría de universitarios siguieron considerando a sus nuevos competidores con un altivo desdén, las escuelas técnicas alcanzaron una matriculación de 11.000 alumnos en 1914.<sup>60</sup>

A menudo, los métodos de Althoff fueron bastante autocráticos, pero en cualquier caso la causa del aprendizaje prosperó materialmente bajo la batuta del ministro: El presupuesto regular de las universidades prusianas se elevó desde los 5,6 hasta los 12,25 millones de marcos mientras él ostentó el cargo, período durante el que otros 60 millones de marcos de gastos extraordinarios fluyeron hacia las universidades. Mientras tanto, los profesores de la vieja escuela se preguntaban si las universidades, junto con las escuelas técnicas, no se convertirían en fábricas para la investigación práctica y la producción en masa de técnicos. Naturalmente, esos temores se agravaron ante el asombroso aumento de la matriculación en las universidades alemanas a finales del siglo XIX, lo que planteó una serie de graves problemas en el sistema de salarios y honorarios, el aumento de la plantilla de profesores o la creación de nuevas cátedras. En 1870 había unos 14.000 estudiantes matriculados en todas las universidades alemanas. En 1880 la cifra había aumentado a 21.000; más tarde la matriculación se dispara hasta alcanzar los 61.000 en 1914 y 72.000 en 1918.<sup>61</sup> Estos problemas internos enrarecieron sin duda el ambiente universitario, contribuyendo a crear la sensación de que el mismo proceso de deshumanización que muchos mandarines asociaban al

---

<sup>59</sup> Ringer (1969).

<sup>60</sup> Gispen (1989).

<sup>61</sup> Ringer (1969).

advenimiento de la era de las máquinas se estaba adueñando también de la sacrosanta universidad. Sin embargo, a pesar de que el deterioro del conjunto de la vida académica fue muy lamentado entre los principales portavoces de la enseñanza superior alemana, la extendida sensación de crisis no vino acompañada de una discusión suficientemente clara de alternativas prácticas. La vinculación nostálgica y rígida a los valores del pasado impidió incluso la clase de reformas conservadoras que podrían haber rescatado alguno de esos valores para el futuro. Se descuidaron los ajustes institucionales en favor de vagas quejas sobre la educación masiva y se convirtió en una especie de lugar común afirmar que los problemas de las universidades se debían fundamentalmente a la disminución de los niveles de enseñanza en las escuelas no clásicas, a las incursiones del sentido práctico y tecnológico en el territorio de la enseñanza pura, a la aparición de grupos sociales nuevos y no cultivados en el seno de las universidades, ... De hecho, había algo de verdad en la acusación de “las masas” invadían los santuarios de la enseñanza superior, pero habría resultado quizá más productivo analizar con exactitud quiénes componían esas “masas” y qué implicaba ese proceso. La acreditación de las *Realschulen* y el aumento de la matriculación condujeron a un cambio en la composición social del cuerpo estudiantil en las universidades, y efectivamente existía, en general, una tendencia a alejarse de la vieja identificación entre las universidades y el segmento tradicionalmente cultivado de la sociedad. Lo asombroso y significativo, sin embargo, es el hecho de que los nuevos grupos financieros y empresariales no jugaran un papel claramente dominante en estos cambios. Siguiendo las estadísticas presentadas por Ringer comprobamos que los hijos de empresarios y personal de “cuello blanco” en las nuevas industrias apenas sumaban un 10% del alumnado universitario en el año académico 1902-1903. Los sectores más

progresistas de la economía y la sociedad tenían relativamente poco contacto con la universidad.<sup>62</sup>

### **Modernización conservadora.**

El término “conservative modernization” es utilizado específicamente por Johnson (1990) y Herf (1984), aunque el tema de una especial convivencia de “lo viejo y lo nuevo” aparece explícita o implícitamente en casi todas las obras que se ocupan del Segundo Reich, tanto de su historia social, económica o política como de sus instituciones científicas. Por ejemplo, la ya citada compilación de Dukes y Remak (1988) se articula en torno a este concepto, así como los capítulos correspondientes a este periodo en los estudios editados por Trommler, Shore y McVeigh (1985, 2001) sobre las relaciones germano- norteamericanas.

Es en este contexto conservador en el que debemos intentar entender las condiciones de posibilidad para crear una red de institutos imperiales dedicados a lo que ahora llamaríamos “investigación y desarrollo”. A finales del XIX los científicos alemanes encaraban la tarea aparentemente paradójica, pero inevitable, de intentar renovar muchos de los patrones institucionales que habían contribuido a sus propios éxitos. Dado que las renovaciones institucionales implican compromisos con y requieren apoyos de las propias instituciones, habría resultado sorprendente no encontrar resistencias a su establecimiento. Fue esa combinación de voluntad renovadora y resistencias conservadoras lo que confirió su peculiar carácter, su *Sonderweg*<sup>63</sup>, a las instituciones científicas alemanas que se enfrentarían al reto de la Gran Guerra.

---

<sup>62</sup> Ringer (1969) y Dukes, Remak (1988), cap.X.

<sup>63</sup> “Camino especial” o “peculiar”.

Consideremos tres posibles patrones de modernización: Un primer patrón netamente conservador, en el que las formas existentes se protegen del impacto de la innovación, y que desarrolla por tanto nuevas formas desconectadas de las anteriores. Un segundo patrón integrador, en el que las innovaciones afectan a las formas institucionales más antiguas y son modificadas por ellas. Y finalmente, un patrón revolucionario, en el que las innovaciones destruyen y reemplazan formas más antiguas. La “modernización conservadora” apunta hacia una especie de cuarentena de la contemporaneidad política, en principio cómoda para un sistema como el alemán del segundo imperio, pero que presenta un dilema a medio plazo: Cómo y hasta qué punto pueden llegar a integrarse las nuevas y las viejas formas sin acabar con una de las dos.

A principios del siglo XIX, tras las guerras napoleónicas y a la sombra de la revolución industrial británica, el patrón de cambio adoptado en Prusia y otros estados alemanes coincidió principalmente con este modelo conservador: se consiguió incorporar cambios en algunas áreas limitando sus efectos en otras, produciendo una combinación de elementos cuyo equilibrio era mantenido por una burocracia fuerte y conservadora. Este patrón se consolidó tras la unificación, especialmente durante la recesión económica de mediados de los 70. En particular, el gobierno proporcionaba un trato especial a los Junkers, terratenientes al este del Elba, que se convirtieron en los miembros dominantes de las jerarquías ejecutivas y militares. Emergió una economía en la que las más sofisticadas tecnologías y las grandes corporaciones florecían en algunas ramas, mientras que la artesanía y la agricultura tradicionales se preservaban en otras.<sup>64</sup>

---

<sup>64</sup> Ringer (1969) , Schaper (2004), pp.6-44. y Tuchman (1993 y 1997). Se puede consultar también Veblen (1915) por la agudeza e ironía de su análisis, teniendo siempre en cuenta que se trata de una fuente primaria y como tal debe ser criticada.



El Kaiser Guillermo II en 1908.

A finales de siglo, esta “cuarentena de la contemporaneidad” se hacía cada vez más difícil de mantener, a medida que el crecimiento industrial transformaba el oeste del país, así como la capital, Berlín. Aunque estos cambios socioeconómicos quedaban lejos de la capacidad de control del estado, algunos hombres de gobierno los veían como una oportunidad de fortalecer la nación mediante una mayor integración de viejas y nuevas instituciones y fuerzas: Modernizando la agricultura de los grandes terratenientes nobles (Junkers) y patrocinando el desarrollo tecnológico e industrial del este, “feudalizando” las élites burguesas del oeste al garantizarles títulos y ascensos en el escalafón social y gubernamental, “nacionalizando” a los socialdemócratas mediante una legislación de bienestar y seguridad social, promocionando el nacionalismo en las escuelas y, finalmente, asegurándose el apoyo incondicional del Reichstag en asuntos de estado, especialmente los concernientes a la defensa. El símbolo perfecto de esta era fue el hombre que la presidía: Guillermo II, que combinaba en su propia personalidad las actitudes contemporáneas de su padre Federico III con el “feudalismo romántico” de su tío abuelo Federico Guillermo IV. Guillermo tendió la

mano a los nuevos poderes industriales mientras se rodeaba de un estrecho círculo de aristócratas y militares; veía el poder tecnológico e industrial como las vías efectivas de aumentar el poder de una Alemania que había llegado tarde a la carrera colonial. Un ejército armado por la más sofisticada artillería de la casa Krupp y una marina equipada con los más modernos acorazados y submarinos, ambas incuestionablemente leales al emperador y al viejo orden social, eran el mejor ejemplo del tipo de modernización que Guillermo tenía en mente.<sup>65</sup>

Con estas políticas y los cambios socioeconómicos subyacentes que las motivaron, las instituciones imperiales en torno al cambio de siglo parecían una de esas antiguas casas señoriales de hoy día, con modernas cocinas eléctricas pero un horrible sistema de tuberías decorosamente camuflado tras tabiques recién escayolados, con nuevas habitaciones construidas con materiales modernos, pero cuyo aspecto externo imita el antiguo estilo, lo cual a su vez va en detrimento de la eficiencia que esas modernas técnicas podrían proporcionar. Hubo cambios importantes, sí, pero se veían obligados a ser canalizados a través nuevas instituciones, dejando las viejas intactas. ¿Cómo afectaron estas tendencias generales a las instituciones científicas? Como hemos visto, entre las fuerzas conservadoras del Segundo Reich se contaban los profesores de universidad, que habían abandonado su radicalismo cuarentaiochista a cambio de una posición política y económicamente privilegiada. Delineando su ideología de “pureza” académica a partir del neohumanismo clásico más que de la ciencia contemporánea, una auto-perpetuante casta de mandarines se había aislado, contando con las bendiciones del estado, de las supuestamente corruptas influencias de la burguesía industrial y sus necesidades.<sup>66</sup>

---

<sup>65</sup> Epkenhans (2000) y Schaper (2004).

<sup>66</sup> Ringer (1969) y Szöllosi-Janze (2005).

Hasta las décadas de 1880-90 el sistema académico alemán, descentralizado entre varios estados, había sido responsable de importantes innovaciones institucionales en muchos campos de la ciencia. En vez de expandir las competencias de las universidades para sintonizar con las necesidades de la industrialización, la burocracia estatal creó una sucesión de nuevos *Technische Hochschule* (Escuelas Técnicas Superiores), lo que también implicaba crear una nueva “clase media” de ingenieros, burocracia técnica y empleados industriales de cuello blanco que guiaran la modernización del aparato productivo del país. Inicialmente estas instituciones se veían como centros donde sistematizar y transmitir el conocimiento tecnológico existente, no como un instrumento de investigación capaz de inventar nuevas tecnologías o descubrir principios científicos de valor tecnológico. Las competencias de las universidades y sus élites académicas quedaban a salvo, junto con su característica forma de autoridad, autonomía e ideología de conocimiento “puro”. Como veremos en el siguiente apartado, las nuevas escuelas tenían un status académico inferior, y sus profesores no gozaban de tanta autonomía ni prestigio como sus colegas universitarios.<sup>67</sup>

Una tercera categoría de instituciones científicas que se había desarrollado hacia 1900 estaba constituida por la red de agencias oficiales e institutos cuyo objetivo era proporcionar asistencia técnica en sus funciones reguladoras a varias ramas de la economía y la burocracia. instituciones científicas de interés para el estado regidas por el Reich o los *Länder* emergieron en la intersección entre la ciencia académica y el gobierno. Las estaciones experimentales dedicadas a la estandarización, seguridad y control de calidad en sectores en expansión, tales como las comunicaciones, la construcción y los astilleros militares, presentaban problemas que requerían no sólo regulación sino también investigación. Entre los ejemplos más destacados se incluyen el *Materialprüfungsamt*, creado en 1904, y el

---

<sup>67</sup> Gispén (1989).



*Militärversuchsamts*, establecido en 1897 y encargado de la investigación secreta en el campo de la artillería y los explosivos. También merece la pena mencionar el instituto de control para los productos de la industria siderúrgica que nació asociado a la Escuela Técnica Superior de Berlín-Charlottenburg a finales de los 70.<sup>68</sup>

La mayoría de estas agencias científicas y tecnológicas estaban regidas por los gobiernos regionales; las instituciones imperiales emergían muy gradualmente, pues la constitución federal del Reich otorgaba las competencias científicas principales a los Länder. Sin embargo, a pesar de las resistencias de los prusianos más conservadores y los estados pequeños a la extensión de las prerrogativas imperiales, el Reich se fue dotando de agencias nacionales como la oficina de patentes, de salud pública o de pesos y medidas. En todas ellas la ciencia jugaba un papel importante pero subsidiario: no eran centros dedicados a la investigación, ni estaban dotados de instalaciones adecuadas o específicas para ello. Esta tendencia adquirió una nueva dimensión con la fundación, en 1887, del Instituto Imperial para la Física-Técnica (PTR, por sus siglas en alemán), la primera institución nacional en la que la investigación científica representaría un papel central, como veremos más adelante.<sup>69</sup>

Aunque los presupuestos y actividades de las instituciones oficiales existentes crecieron continuamente entre 1887 y 1905, a causa de las restricciones financieras ya no se fundó ningún instituto científico imperial nuevo en este período. Con los siempre crecientes gastos del ejército y el sistema de salud pública, el presupuesto imperial se veía sometido a constantes restricciones. Esto fortaleció la obstinada defensa de sus prerrogativas por parte de los estados, en especial Baviera, y propició la

---

<sup>68</sup> Rasch (1989), Buchanan (2006) y Burchardt (1975).

<sup>69</sup> Cahan (1989).

derrota de la propuesta para fundar un instituto imperial de materiales, que hubiera sustituido a su homólogo prusiano en Berlín.<sup>70</sup>

La investigación se desarrollaba con lentitud en las escuelas tecnológicas y agencias estatales. Sin embargo, hay que subrayar que el imperativo de investigar en las universidades contaba con, apenas, una generación de experiencia. La estructura interna de las universidades refleja la tardía e incompleta integración de su función investigadora: Las facultades no controlaban la labor investigadora en sus institutos universitarios, que crecieron como apéndices de profesores concretos a quienes los gobiernos dotaban de infraestructuras, asistentes y ayudas económicas a título particular, como en el caso de Fischer en Berlín, o von Baeyer en Munich. Era, por supuesto, en estos institutos donde se concentraba la investigación científica académica de calidad. Se daba por supuesto que la fuerza motriz de tal investigación era el nuevo conocimiento, no el beneficio económico. La idea esencialmente nueva de apoyo público para investigación científica sistemática en las universidades podía justificarse así invocando la honorable tradición del patronazgo de las artes y las ciencias, sin peligro a suscitar reacciones adversas en el mandarinato académico.<sup>71</sup>

¿Cómo afectó la coronación de Guillermo II en 1888 a este incipiente sistema de instituciones científicas? El joven Káiser no guardaba un recuerdo del todo placentero de sus experiencias personales en el sistema educativo alemán; era proclive a apoyar reformas que incentivaran la unidad alemana y movilizaran los recursos intelectuales en pos del bien práctico de la nación. Uno de los académicos con los que mantuvo siempre una estrecha relación fue Adolf von Harnack, quien más tarde se convertiría en primer presidente de la Sociedad Káiser Guillermo para el Avance de las Ciencias (KWG, por sus siglas en alemán). Según Harnack,

---

<sup>70</sup> Johnson (1990). Introducción.

<sup>71</sup> Ringer (1969).

“el estado debe trabajar por una integración de las ideas modernas en los cimientos tradicionales de la política alemana, lo que conducirá a un aumento sin precedentes de nuestra vitalidad nacional... es una cuestión de trabajar desde perspectivas liberales hacia la reconciliación de opuestos.”<sup>72</sup>

Aunque esta “reconciliación de opuestos”, nunca llegó a materializarse del todo (salvo, quizá, bajo la enorme presión de la guerra y la segunda movilización que supuso el plan Hindenburg), y aunque las “perspectivas liberales” brillaban por su ausencia en las altas esferas de los gobiernos prusiano e imperial de aquella época, Guillermo y alguno de sus ministros intentaron responder a estos abogados de la modernización institucional en ciencia y tecnología mediante medidas que elevaban el status de la tecnología con base científica en instituciones académicas y apoyaban su integración en instituciones tradicionalmente conservadoras como la agricultura y las fuerzas armadas. Uno de los primeras decisiones de su reinado en este aspecto fue la instauración de una Estación Central de Explosivos (más tarde Oficina Militar de Pruebas) bajo la autoridad del ministerio de defensa.<sup>73</sup> El Káiser apoyó también a las escuelas técnicas superiores en su lucha por elevar su status académico: en 1899 celebró el centenario de la escuela berlinesa con toda la pompa militar que caracterizaba a sus apariciones, y aprovechó la ocasión para desestimar las objeciones de los mandarines universitarios, concediendo a las Technische Hochschule el derecho de otorgar grados doctorales, el símbolo de sus habilidades para llevar a cabo investigación científica creativa y sistemática. Fue también su intervención personal la que permitió la inclusión de un tecnólogo en la academia de ciencias berlinesa.<sup>74</sup>

---

<sup>72</sup> Kaiser Wilhelm Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, *Adolf von Harnack zum Gedächtnis* (1930), pp.8-9.

<sup>73</sup> Buchanan (2006)

<sup>74</sup> Gispén (1989).

El influyente hombre de estado que ayudó a llevar a cabo, e incluso se puede decir que en gran medida dio origen a las políticas científicas, técnicas y educativas de Prusia bajo el gobierno de Guillermo II fue, de nuevo, Friedrich Althoff, ministro de cultura hasta 1907. Althoff respondió a las limitaciones fiscales imponiendo severidad en los presupuestos de las instituciones académicas y concentrando recursos para campos específicos en universidades provinciales determinadas, como Göttingen en el caso de la investigación científica. Esencialmente, su labor tuvo como resultado una mayor centralización y menor competencia interna del sistema académico, permitiendo que este prestara más atención a la posición académica internacional de Alemania.<sup>75</sup>

Debe hacerse notar aquí que, para el cambio de siglo, aunque los mayores rivales políticos de Alemania seguían siendo Gran Bretaña y Francia, el mayor reto económico y tecnológico emergía rápidamente de los Estados Unidos. La economía americana había crecido tan rápidamente como la alemana durante las últimas décadas del siglo, y aquel país estaba mucho mejor dotado de tierras y recursos naturales. El presidente del joven MIT estaba probablemente en lo cierto cuando declaró, en 1903, que

“el mayor temor de los alemanes en la carrera industrial no son ya ingleses o franceses, sino americanos”.<sup>76</sup>

En el campo de la investigación científica, Norteamérica estaba dando también motivos de preocupación a los científicos y tecnólogos alemanes, demostrando la habilidad de sus investigadores para atraer grandes sumas de la riqueza industrial y financiera hacia las instituciones dedicadas a la producción de conocimiento. Si efectivamente, un incremento exponencial de la financiación resultase fundamental para el crecimiento científico, los

---

<sup>75</sup> Rowe (1989) y Jungnickel, McCormmach (1986).

<sup>76</sup> Pritchett (1902), p.282.

americanos estaban construyendo los cimientos necesarios para un crecimiento más rápido que los alemanes desde 1895. En 1911, mientras que el presupuesto anual medio de las universidades alemanas era de 1,7 millones de marcos, cada universidad americana gastaba ya una media de 5,8 millones de marcos anuales.<sup>77</sup> Durante este período, las principales universidades americanas desarrollaron nuevos y potentes programas de licenciatura que ponían mucho énfasis en la investigación al estilo de los institutos universitarios alemanes, donde muchos académicos americanos se habían formado como científicos. Gran parte de su recién encontrada riqueza provenía de fondos privados, demostrando que el trabajo científico podía también ser financiado a través de fundaciones filantrópicas como la Carnegie y la Rockefeller. En 1902 abrieron sus puertas el *Rockefeller institute for Medical Research* en Nueva York y la *Carnegie Institution of Washington*. Durante sus primeros años de vida, cada una de estas fundaciones mantuvo un presupuesto cercano a los diez millones de dólares, produciendo un interés combinado anual comparable al presupuesto total de las grandes universidades alemanas. Mientras que Rockefeller concentró sus esfuerzos en los campos biomédicos siguiendo el ejemplo de Ehrlich y los institutos de salud alemanes (ver más abajo), Carnegie dotaba de fondos a investigadores destacados en cada campo a lo largo y ancho del país. En palabras del propio mecenas, “intentaba asegurar el liderazgo americano en el campo de la invención y la utilización de las nuevas fuerzas para el beneficio del hombre.”<sup>78</sup>

Al mismo tiempo, el gobierno estadounidense apoyaba también el trabajo científico en instituciones públicas que seguían el ejemplo del PTR y las estaciones experimentales alemanas, y en algunos casos lo superaban, especialmente en cuanto se refiere a las instituciones de regulación con base

---

<sup>77</sup> Johnson (1990), p.18.

<sup>78</sup>. Citado en Miller (1970), pp. 132 y 166. Para las instituciones norteamericanas y su influencia en Alemania, además del propio Johnson, ver Noble (1977) y Trommler, McVeigh (1985) o Tobey (1971).

científica como la *National Bureau of Standards* (NBS), fundada en 1901.<sup>79</sup> El presupuesto inicial de la NBS doblaba el del PTR, que no conseguiría igualarle hasta 1907. En esencia, Estados Unidos estaba apostando por apoyar con energía la investigación científica con orientación tecnológica, acelerando el proceso de crecimiento y retando a sus competidores internacionales a responder.

Como veremos en breve, en el epígrafe dedicado a la KWG, este empuje norteamericano caló hondo entre los líderes de la ciencia alemana; sumado a la reorientación internacional de los objetivos de competencia de su sistema académico, el interés de los padres de la química académica encontró en los logros americanos un acicate para estimular las inversiones de la industria alemana, así como una coartada ideológica para asegurarse el apoyo del Reich en su cruzada por un instituto imperial dedicado a la química. Althoff era también consciente de la necesidad de incrementar cuantitativa y cualitativamente el presupuesto para la investigación científica. La investigación básica requería ya de tanta tecnología que se estaba convirtiendo en algo demasiado caro para las instituciones tradicionales, como los institutos universitarios, mientras que los desarrollos llevados a cabo en laboratorios industriales, pensaba Althoff, no garantizaban la innovación a largo plazo. Si los fondos no podían extraerse ya del presupuesto prusiano o imperial, habría que orquestar un sistema de donaciones privadas al estilo americano, aunque esta vía fuera contraria a las tradiciones académicas y burocráticas alemanas.<sup>80</sup>

¿Podía la investigación científica “pura” coexistir exitosamente con el “materialismo” en forma de subsidios industriales e intereses privados? ¿Eran los científicos con educación universitaria capaces de desarrollar tecnologías competitivas fuera de los laboratorios puramente industriales? A comienzos

---

<sup>79</sup> Pritchett (1902) y Noble (1977). También Dupree (1986).

<sup>80</sup> Johnson (1990).

del nuevo siglo, dos disciplinas científicas daban ejemplo de las posibilidades de éxito de estos programas de modernización: La física aplicada a la electrotecnia y la mecánica de precisión, que ya había encontrado su camino a través del PTR; y la química, cuyas aplicaciones industriales estaban bien asentadas en los laboratorios de la gran industria y cuyas áreas académicas dominaban los químicos alemanes a nivel mundial, pero que aún carecía de un instituto interdisciplinar como el anterior. La química ofrecía también un posible modelo para resolver el dilema, más general, de la modernización alemana: ¿Cómo podría Alemania, con sus limitados recursos, su arcaísmo político e institucional, y su entrada tardía en la escena mundial como nación unificada y potencia colonial igualar a las bien establecidas potencias imperialistas, o a la emergente, dinámica y vasta Norteamérica? Bien, la química y su industria de alta tecnología eran un ejemplo de cómo Alemania podía remediar sus carencias. En 1906, el presidente de la Asociación de la Industria Química Alemana, Otto Wenzel, proclamaba la química como “la industria de las posibilidades ilimitadas”, citando las perspectivas abiertas por la investigación científica en la creación de sustitutos sintéticos para materiales que antes habían de ser importados.<sup>81</sup> Cinco años más tarde, en su discurso inaugural como primer presidente de la KWG, el catedrático de química de la universidad de Berlín Emil Fischer hacía una referencia similar a la “verdadera tierra de las posibilidades ilimitadas” refiriéndose a los frutos industriales de la investigación científica.<sup>82</sup> Esto equivalía a poner las conquistas de la ciencia y la tecnología en el mismo plano que las coloniales de cara a las posibilidades de la nación en la escena internacional. Durante la “cruzada ideológica” que hizo posible la creación de la red de institutos

---

<sup>81</sup> Otto Wenzel en *Protokoll der 29. Hauptversammlung des Vereins zur Wahrung des Interesses der Chemischen Industrie Deutschlands, Die Chemische Industrie* 29 (1906), pp. 523-47.

<sup>82</sup> Emil Fischer en *50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft 1911-1961. Beiträge und Dokumente Sondereinband – 1120 von Max-Planck-Gesellschaft, Berlin*, p. 119.

científicos que llevarían el nombre del emperador, esta perspectiva fue un elemento esencial que todos los modernizadores compartían. Como patriotas alemanes, sentían el deber de poner su disciplina al servicio de las manifestaciones industriales y la fuerza económica alemanas, y utilizaban estos argumentos para buscar apoyos económicos para las innovaciones institucionales que creían necesarias.<sup>83</sup> La competencia internacional, los aires de guerra, habían entrado en juego; los tiempos habían cambiado desde la fundación del PTR por parte de una generación anterior, liderada por Siemens y Helmholtz.<sup>84</sup>

Por supuesto, tanto a nivel científico-tecnológico como de la fuerza nacional, esta visión representaba ideales y perspectivas que buena parte de las élites imperiales y universitarias alemanas no estaban preparadas para compartir. Dada la precedente discusión de los problemas para el cambio tanto en las instituciones científicas como en la sociedad, no parece fácil que el entramado oficial alemán consiguiera convertir estas ideas en instituciones reales que requieren grandes presupuestos y autoridad otorgada por vía legislativa. En el proceso podremos ver toda la dinámica de la “modernización” en juego, a medida que los promotores del cambio aprendían a organizarse, identificar sus prioridades y definir sus campos de acción propios frente a las instituciones existentes, utilizando como argumentos persuasivos las necesidades de renovación interna y las advertencias de amenazas externas.

---

<sup>83</sup> Jonson (1990).

<sup>84</sup> Cahan (1989).



## Escuelas Técnicas – Technische Hochschule.

Casi todas las obras citadas anteriormente contienen referencias, a menudo extensas, al desarrollo de las Escuelas Técnicas Superiores alemanas, como sucede por ejemplo en Burchardt (1975) o Manegold (1970). Especialmente valiosas para este punto, tanto por su especificidad como por la amplitud de su marco interpretativo, resultan Gispén (1989) o Hermmann (1990). Podemos encontrar interesantes memorias de viaje de ingenieros alemanes por Estados Unidos en Moog (1927) y Westermann (1926).

Financiadas por los *Länder*, las *Technische Hochschulen* (TH) se expandieron rápidamente a finales del XIX, encargándose de la “cientifización” de la tecnología. Acorde con el nuevo espíritu del II Reich, los ingenieros comprendieron que su campo quedaba ya lejos de las técnicas artesanales: En las nuevas escuelas, la ingeniería se impartía como ciencia natural aplicada, guiada por el espíritu de la física. El conocimiento abstracto era considerado más prestigioso que las habilidades prácticas, en consonancia con el elevado rango que la sociedad guillermina reservaba para los universitarios. Supusieron, en definitiva, la absorción y adaptación a las peculiaridades alemanas del model francés de escuela politécnica superior.<sup>85</sup> Las profesiones técnicas, como la ingeniería de caminos, la química o la arquitectura se convirtieron en “científicas” y, como ya se ha comentado, las *Technische Hochschulen* obtuvieron la capacidad para otorgar doctorados en 1899. Mediante este proceso, los lazos personales, científicos y financieros entre las escuelas técnicas y las industrias basadas en el conocimiento científico se estrechaban cada vez más. Comentando las peculiaridades de la cultura tecnológica de su país, el observador industrial Schlink escribió en 1879:

---

<sup>85</sup> Acerca de la *École Polytechnique* se pueden consultar Dhombres (1989) o Sartori (2003).

“En Alemania teníamos escuelas técnicas superiores antes de que existiera una industria realmente desarrollada, mientras que en otros países ha sido más bien al contrario.”<sup>86</sup>

Aunque un poco exagerado, Schlink estaba cerca de la verdad: la industrialización tardía y la tradición educativa diferenciaban al personal cualificado alemán del resto de países industrializados. Comenzar la industrialización con escuelas implicaba que los técnicos e ingenieros tenían desde el principio una estrecha relación con los institutos técnicos y la mentalidad científica. Los esfuerzos del gobierno en el campo de la educación técnica, combinados con el fomento de la industria en campos innovadores, dieron lugar a toda una clase de ingenieros, técnicos industriales, gestores y emprendedores (como Alfred Krupp o Werner Siemens) que habían recibido una buena base teórica en alguno de los muchos institutos dedicados a ello. En conjunto, estos hombres representaban una síntesis preliminar de teoría y práctica; se movían entre los grupos sociales tradicionales de trabajadores sin cualificación y clases altas, educadas en la universidad. Las escuelas técnicas estimularon, por tanto, la formación de una nueva “cultura”, un nuevo grupo de hombres conscientes de la diferencia colectiva que los separaba de otras ocupaciones y mentalidades.<sup>87</sup>

A mediados del tercer cuarto del siglo XIX, esta conciencia profesional de los ingenieros encontraba fácil acomodo en las ambiciones sociopolíticas más amplias de las clases medias alemanas. La combinación de objetivos profesionales y sociales se materializó en la creación de la *Verein Deutscher Ingenieure* (Unión de Ingenieros Alemanes, VDI) en 1856. La aspiración esencial de la VDI, que se convirtió rápidamente en la organización dominante entre los ingenieros del sector privado, consistía en lograr una

---

<sup>86</sup> Joseph Schlink en *Ueber die soziale Stellung des deutschen Technikers*, *Annalen für Gewerbe und Bauwesen* 4 (Mayo 1879), pp. 312-19.

<sup>87</sup> Dukes, Remak (1988), cap.III.

especie de síntesis putativa de la industria científica con otras aspiraciones para la emancipación de las clases medias en una visión del futuro progresista en lo material, pero al mismo tiempo muy nacionalista, típica de los tiempos inmediatamente anteriores al Segundo Reich y de la época guillermina. La posesión de un título académico era un requisito imprescindible para pertenecer a la Unión, y la lucha por el reconocimiento de un status superior para las TH y sus graduados, el objetivo fundamental a corto y medio plazo; pero al repasar sus actas da la impresión de que la fe en un mundo imparable de tecnología industrial y el entusiasmo por su causa en una Alemania unida eran tan importantes como las aspiraciones profesionales. Desde 1848 el nacionalismo no había perdido su atractivo como ideología de la emancipación, aunque su dimensión socioeconómica parecía desbancar a los fundamentos políticos: El estado-nación como estructura racional, con un único sistema normalizado de leyes, tarifas, pesos y medidas,... como opuesto de la miríada de barreras e impedimentos al progreso económico que suponía el *Kleinstaaterei*. Para la VDI, el estado-nación era el remedio al retraso económico, así como el escenario natural para el progreso industrial. Superar el retraso tecnológico se presentaba como una labor patriótica vital, y la relación histórica original entre nacionalismo y progreso económico quedaba así revertida, habilitando el nacionalismo como ideología de la industrialización. “Industrialización”, en aquella Alemania, no implicaba “capitalismo” en el sentido inglés. El principio organizativo de la VDI no era sólo la tecnología; era tecnología como poder, en interés de la industria y la nación alemanas, cuyos intereses nunca se imaginaban distintos. Este ideario, con su énfasis en el profesionalismo, la especialización y la racionalidad tecnológica, encajaría a la perfección con la similar predilección por la eficiencia y el pragmatismo económico que caracterizó a los gobiernos conservadores a partir de la recesión de 1873.<sup>88</sup>

---

<sup>88</sup> Gispén (1989), cap. 2 y Schaper (2004), pp. 114 y sigus.

De hecho, aunque la unificación, la “gloria” nacional, la industrialización e incluso la sociedad burguesa se hicieron realidad en pocas décadas, su supuesto correlato, el triunfo social de los ingenieros, resultó una tarea más ardua y lenta. Los fundadores de la VDI intentaban probar que la tecnología, en conjunción con la ciencia y el nacionalismo, representaban valores que pertenecían por derecho propio al universo de “ocupaciones superiores” y a la *Bildungsbürgertum* (burguesía educada) que popularizó esa designación. Eso es lo que intentaban decir al cuando hablaban de la nueva era de la tecnología, en la que el ingeniero encontraría su justo lugar; no fueron capaces de ver la contradicción interna de su deseo: Que éste podía realizarse sólo en tanto en cuanto la industrialización, el progreso tecnológico y la dinámica capitalista fueran capaces de socavar las arcaicas estructuras sociales básicas de la Alemania Imperial. Aunque la VDI pudo celebrar importantes éxitos en la “guerra por la educación” frente al mandarinato y el *Gymnasium*, éxitos tales como el aumento de la importancia de materias técnicas y científicas en la educación secundaria y, sobre todo, el ya mencionado ascenso de rango de las TH en 1899, en 1914 el ingeniero alemán aún ocupaba un lugar profesional y social bastante precario; su retribución era desproporcionadamente inferior a su importancia en la estructura productiva de la nación.<sup>89</sup>

Sin embargo, esta subestimación del ingeniero, así como la ausencia de un tipo dominante claro de escuela técnica, son factores que, paradójicamente, pudieron favorecer las rápidas industrialización y progreso tecnológico alemanes durante el medio siglo anterior a la Gran Guerra. La ingeniería alemana de este período encontró un camino intermedio entre el estereotipado énfasis francés en el diseño teórico y la obsesión americana con los ensayos, los costes y las facilidades de producción. A su vez, las TH se movían entre la rigidez del modelo educativo de la *École Polytechnique* y la práctica inexistencia del modelo educativo anglosajón, entre la “school

---

<sup>89</sup> Ringer (1969)

culture” y la “shop culture”. Por supuesto, la tensión entre la fábrica y la escuela no se resolvió mediante apelaciones patrióticas o el postulado de una espontánea superioridad social de los ingenieros en un futuro tecnológico. Dejando a un lado la retórica, la brecha existente entre las visiones práctica y profesoral de la ingeniería se reveló pronto como uno de los elementos más dinámicos de la joven profesión. La misma brecha arroja también algo de luz sobre el fracaso de los ingenieros a la hora de establecerse como la nueva élite de una Alemania industrial, aunque efectivamente consiguieran transformar la economía y la sociedad del país mucho más allá de sus primeros sueños. El colectivo de ingenieros constituía una larga cadena de híbridos entre el profesor de una TH y el artesano; tal estructura ocupacional compleja y difusa era ejemplo preciso de la división del trabajo y la especialización características de una sociedad contemporánea. Esa difusión no se materializó tan fácilmente en la jerarquía social, en la que sí encontraron su lugar los nuevos y reconocidos hombres de la tecnología científica a partir de la fundación del PTR (1887) y el ascenso de las TH (1899). Como consecuencia de ello, valores que se habían originado en una era preindustrial, tales como el tipo específico de honor social que constituía la *Bildung*, se convirtieron en parte de la misma ocupación que encarnaba la modernización tecnológica y económica de Alemania en torno al cambio de siglo. Las ideas, aspiraciones sociales y luchas académicas de la sociedad de ingenieros ilustran cómo los valores de la jerarquía social tradicional alemana se adaptaron a y sobrevivieron durante el explosivo proceso de industrialización.<sup>90</sup>

A lo largo del verano de 1876 apareció en el periódico liberal berlinés *Nationalzeitung* una serie de diez cartas enviadas por Franz Reuleaux desde la feria internacional de Filadelfia. Reuleaux era comisionado general de la

---

<sup>90</sup> Gispén (1989), caps. 3 y 4.

exposición de la industria alemana, profesor de mecánica teórica y director del Instituto Industrial de Berlín.<sup>91</sup> En sus misivas criticaba la calidad de los productos industriales alemanes, y los comparaba muy desfavorablemente con los de otras naciones, en especial los estadounidenses. La maquinaria americana se presentaba como muy superior a la alemana por su especialización y producción en masa de unidades fiables. Como veremos a la hora de narrar la historia de la KWG, no sería esta la última vez que un viaje a Estados Unidos efectuado por un líder de la ciencia y la tecnología alemanas causaba un gran efecto en Berlín. Aunque no dejan de tener interés sus opiniones estéticas, las críticas de Reuleaux se centraban en la escasa calidad de la producción alemana: Faltaba experiencia y práctica en normalización y racionalización, así como una adecuada gestión del gasto productivo. Además, el comisionado advertía de una preocupante falta de capacidad de innovación a medio y largo plazo en la industria mecánica alemana, incluyendo los instrumentos de precisión. Reuleaux recomendaba a los industriales que se concentraran en mejorar la calidad y sofisticación de sus productos mediante la explotación sistemática de la ciencia disponible tanto para el diseño como para su producción en masa. El desaforado estilo de su crítica parecía calculado para despertar una reacción nacionalista y excitar el espíritu competitivo de la industria alemana, con la esperanza de que tal reacción inspirara los cambios necesarios. Y eso fue precisamente lo que sucedió.

Ya en 1882, el director de la *Berlin-Anhaltische Maschinenbau AG* hacía notar en su informe anual las notables mejoras de la industria de transformación de metales en estas áreas:

“...un gran número de nuestras fábricas de maquinaria han aprovechado la crisis para mejorar sus diseños y definir sus especialidades... La

---

<sup>91</sup> Gispen (1989), pp. 115 y siguientes.

competencia americana ha constituido un estímulo decisivo para la innovación y el aumento de calidad de los productos alemanes... En esta línea hay que contemplar el motor de combustión interna como un triunfo alemán.”<sup>92</sup>

Como veremos también al tratar de la industria química, la competencia internacional enfrentó a los ingenieros e investigadores con el reto de innovar y escalar la producción manteniendo bajos los costes. Es posible afirmar que, para 1900, Alemania había alcanzado el nivel tecnológico americano en lo que a producción en masa se refiere (conversión a la estandarización, especialización y escalado), mientras que se encontraba claramente por delante en instrumentos científicos y de precisión; la labor de los científicos que trabajaban en el PTR tuvo mucho que ver en esto último.<sup>93</sup> El caso Reuleaux, que propició la sustitución de los Estados Unidos por Gran Bretaña –tradicional modelo foráneo para Alemania- como nueva referencia para medir el progreso tecnológico y la capacidad económica, fue el acicate necesario para este cambio cualitativo de mentalidad y forma de trabajo en el curso de la tecnología alemana.

Estos nuevos aires tuvieron su eco en la VDI en forma de una nueva y vigorosa política de publicaciones, que se convirtió en su máxima prioridad a mediados de los ochenta. El nuevo director de ediciones, Theodor Peters, daba preferencia a temas como la estandarización, el control de calidad, la inspección y seguridad industrial y los códigos mecánicos, aunque la reforma educativa seguía teniendo una importante presencia como uno de los objetivos seculares de la asociación. La VDI se convirtió en la principal autoridad alemana y agencia de presión en el área de la racionalización de la infraestructura económico-tecnológica de la nación. El resultado fue un

---

<sup>92</sup> Emil Blum, *Die wirtschaftliche Lage des Maschinenbaus*, Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbflusses 61 (1882), p. 385. Staatsbibliothek Berlin.

<sup>93</sup> Cahan (1989) y Hughes (1989).

enorme incremento del uso de métodos gráficos en la instrucción y la empresa, técnicas estadísticas en la gestión y creación de laboratorios privados a medida que el desarrollo y prueba de nuevos materiales se hacía importante para fines industriales.<sup>94</sup> Las innovaciones y controles de calidad en el campo de la siderurgia, por ejemplo, elevó increíblemente la producción de Krupp o Thyssen, permitiéndoles diversificar su mercado e imponerse definitivamente a las acerías inglesas en el suministro interior.<sup>95</sup>

Además de sugerir este salto a nivel de empresa, el ejemplo de la educación técnica norteamericana, que hacía un uso intensivo del “workshop” (taller de experimentación), ayudó a llamar la atención de los responsables de las TH en las ventajas de los laboratorios de investigación. En 1877 Hermann Wedding, profesor de la escuela de minas de Berlín y alto oficial del estado prusiano para minería y metalurgia, publicó un largo artículo titulado “La educación técnica en Nortamérica”.<sup>96</sup> Visitando los Estados Unidos con ocasión de la citada feria de Filadelfia, Wedding estudió algunos institutos técnicos de la costa este, entre los que se encontraba el MIT; se mostró especialmente impresionado por el entrenamiento práctico que recibían los estudiantes y el trabajo que se realizaba en laboratorios de mecánica, conectando la ciencia básica con la práctica industrial. La asociación alemana de industria siderúrgica se mostró muy impresionada con el informe, y recomendó el establecimiento de prácticas similares en Alemania. Al poco tiempo laboratorios de mecánica empezaron a instalarse en las TH. Hasta cierto punto extensión de las estaciones experimentales de las industrias y el gobierno, este desarrollo se inspiraba también en el modelo de la química, disciplina en la que se instruía a los alumnos en laboratorios

---

<sup>94</sup> Gispén (1989), cap. 5.

<sup>95</sup> Pirenkemper (1984) y Brose (1985)

<sup>96</sup> Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbflusses 56 (1877), pp.528-48. Staatsbibliothek Berlin.



desde los tiempos de Liebig, así como de la ingeniería eléctrica, que también estableció sus propios laboratorios en las TH gracias a los esfuerzos de Werner Siemens y el Profesor Adolf Slaby, sin olvidar que Carl Linde disfrutaba de otro laboratorio de mecánica en la TH de Munich<sup>97</sup>. Los nuevos laboratorios no sólo permitían a los estudiantes adquirir habilidades prácticas, sino que también transformaban continuamente la enseñanza de la ingeniería, que pasó poco a poco de ser una hijastra de las ciencias naturales a convertirse en una disciplina profesional autónoma, con su propia materia de estudio y metodología. El resultado de todas estas innovaciones, acompañadas de un gran crecimiento del número de alumnos de las TH, fue una total transformación de las ingenierías mecánicas para finales de la década de 1890. Las escuelas técnicas producían un gran número de titulados mucho más especializados, prácticos y utilizables en la industria que ninguna otra generación anterior. A juzgar por el vertiginoso progreso tecnológico alemán, por la tasa de su industrialización y por los éxitos de su innovación en ingeniería durante los años inmediatamente anteriores a la Primera Guerra Mundial, la nueva orientación resultó en un enorme éxito desde el punto de vista económico. Alemania había logrado, en apenas dos décadas, un sistema propio de educación técnica superior, un sistema ajeno a la influencia de politécnico francés y su énfasis en la teoría, que ya no lograba producir ingenieros eficientes para la industria. El tiempo de las escuelas ilustradas creadas por la revolución había pasado. Las TH eran la base del aparato de producción de conocimiento práctico en Alemania; al contrario que el modelo francés, atendían con solicitud las necesidades industriales y aprovechaban la experiencia artesanal tanto como la científica, inspirando y al mismo tiempo inspirándose en el ejemplo norteamericano.

Karl Lüders, director de la oficina imperial para la educación industrial, remarcaba que

---

<sup>97</sup> Gispén (1989), caps. 7-8.

“la educación técnica es una de las armas que las naciones esgrimen en su lucha por los mercados internacionales... la preparación industrial esta siendo fuertemente apoyada como parte de la política mundial del Imperio, y la habilidad de Alemania para mantener a raya a sus más poderosos competidores industriales, Estados Unidos y Gran Bretaña, es resultado de los extraordinarios gastos que hemos dedicado al desarrollo de nuestro potencial científico-tecnológico durante las últimas décadas.”<sup>98</sup>

En la segunda mitad de la década, mientras Tirpitz se embarcaba en su ambicioso programa de construcción naval, el estado Prusiano comenzó a incrementar considerablemente las partidas presupuestarias para sus TH e institutos de materiales. En 1910 el presupuesto dedicado a tal efecto multiplicaba por 23 la cantidad de 1885. Mientras, la VDI jugaba con analogías entre la industria y el ejército: generales de estado mayor (TH), oficiales de frente (técnicos de grado medio) y soldados (trabajadores de cuello azul) eran ideas que debían ser transplantadas a la tecnología industrial. Aunque los intereses profesionales continuaban predominando en su cúpula directiva, el gobierno estaba representado en ella y su voz contaba en las deliberaciones. Por su parte la *Deutscher Ausschuss für Technisches Schulwesen* fue la precursora de otras agencias y mecanismos de toma de decisiones dominadas por las grandes empresas del ramo correspondiente que proliferaron durante la Gran Guerra como grupos de presión de la industria.<sup>99</sup>

---

<sup>98</sup> Prussische Haus der Abgeordneten, Stenographische Berichte der Verhandlungen (1883), p.1071. Staatsbibliothek Berlin.

<sup>99</sup> Epkenhans (2000), Augustine (1988).

## **Physikalische-Technische Reichsanstalt (PTR).**

Al iniciar este epígrafe no puedo dejar de destacar la obra ya clásica de David Cahan en torno al PTR, Siemens y la “revolución institucional” en la ciencia alemana: *An Institute for an Empire* (1989), así como sus anteriores estudios en torno al mismo tema (1982, 1984). También se pueden encontrar información y análisis valiosos en Hoffmann (2001). Aunque quede algo alejada del tema central del ensayo, no me gustaría dejar de antender aquí, aunque sea brevemente, una institución tan importante para la renovación del panorama científico tecnológico alemán, tanto para sus aspectos institucionales y organizativos como para la propia producción científica. Y es que resultaría difícil entender correctamente las áreas que son objeto central de este trabajo, la química, su industria y su presencia en la Gran Guerra, sin tener en mente el caso ejemplar que el PTR supuso para sus homólogos químicos tanto académicos como industriales.

A pesar de estar aún muy lejos de los espectaculares resultados que lograría durante y tras la Segunda Guerra Mundial, la física tenía también mucho que contribuir a la riqueza material y el prestigio del joven Reich: La ciencia y el arte de la medida, los nuevos desarrollos cognitivos que permitieron el surgimiento de importantes industrias con base científica, trayendo revolucionarias tecnologías a la vida civil y militar, y por último la instrucción en laboratorios de futuros profesionales y científicos.



Helmholtz como primer presidente del PTR, 1887.

A mediados de siglo comenzó a tomar cuerpo la subdisciplina conocida como metrología o física de precisión; su principal objetivo, como es natural, era (y es) conseguir cada vez mayor precisión en las medidas físicas utilizando para ello nuevos instrumentos, métodos y espacios de trabajo en los que conducir su delicado trabajo experimental. Para la generación de físicos que maduró profesionalmente a partir de 1850, la medida se convirtió en el símbolo del progreso científico, y la tecnología de precisión en su condición de posibilidad. Para medir es necesario un conjunto de unidades y estándares físicos universalmente admitido, una materia en la que los físicos alemanes siempre fueron pioneros: A principios de la década de 1830 Carl Friedrich Gauss, junto con su asistente Wilhelm Weber, introdujo la idea de un sistema absoluto de unidades de medida, es decir, eligió la distancia, el tiempo y la masa como la base mecánica para medir todos los fenómenos, incluyendo aquellos no mecánicos como la electricidad y el magnetismo. Este paso fundamental de la metrología permitía, en principio, reproducir las medidas de cualquier cuerpo o fenómeno físico sin tener un instrumento precalibrado. Durante los 30 Gauss y Weber dedicaron muchos esfuerzos a la medida de fenómenos magnéticos; durante los 40 y 50 el mismo Weber y Rudolph Kohlrausch extendieron este nuevo método metrológico a la electricidad. En

las décadas siguientes el hijo de Rudolph, Friedrich, continuaría con este trabajo en varias instituciones, incluido en PTR.<sup>100</sup>

Ya en la década de los 70 del siglo XIX, mientras cada una de las naciones científicamente avanzadas establecía sus propios estándares y la industria eléctrica comenzaba a demostrar su potencial económico, iba quedando claro que tanto científicos como industriales necesitaban un conjunto internacional de unidades y estándares. En 1875 diecisiete naciones se reunieron para formar la Oficina Internacional de Pesos y Medidas; sin embargo, no consiguieron llegar a un acuerdo para la normalización eléctrica. Sus dificultades no provenían tan sólo del fervor nacionalista propio de la época, del miedo a que una nación dominara los asuntos metrológicos en detrimento de sus rivales., sino también de la incertidumbre científica y técnica ante la falta de patrones y modelos fiables: Ninguna nación ni ningún científico podía ofrecer un estándar eléctrico universalmente aceptable.<sup>101</sup>

Seis años más tarde se efectuó un progreso parcial hacia la consecución de ese acuerdo, cuando en 1881 veintidós naciones enviaron 250 delegados (incluyendo a los más eminentes especialistas en electromagnetismo) a París para el Primer Congreso Eléctrico internacional. Los participantes acordaron que el sistema cegesimal constituiría la base del sistema absoluto, al que estaban unidos las unidades eléctricas de ohmio, voltio y amperio. Sin embargo, el desacuerdo siguió reinando en lo que a estándares de resistencia y luminosidad se refiere, así como en cuanto a los métodos y materiales que debían utilizarse para reproducir esos estándares localmente. Debieron celebrarse los congresos eléctricos de Chicago (1893), Saint Louis (1904) y Londres (1908) antes de lograr un acuerdo general sobre

---

<sup>100</sup> Jungnickel, McCormach (1986) y Hoffmann (2001).

<sup>101</sup> Hughes (1985).

estos patrones; mientras tanto se habían acordado estándares internacionales para medidas mecánicas, térmicas y ópticas.<sup>102</sup>

Antes del establecimiento del PTR muchos físicos académicos dedicaban buena parte de su material y esfuerzos a intentar conseguir alguno de los tan deseados patrones fiables, o a construir instrumentos de medida fiables, precisos y reproducibles. Con el establecimiento de toda una serie de leyes ópticas, electromagnéticas y termodinámicas a lo largo del siglo XIX, muchos físicos creían que las leyes fundamentales de la física ya habían sido descubiertas y, por lo tanto, su trabajo principal consistía en refinar las constantes y los estándares hasta el máximo grado posible de precisión, o bien en descubrir nuevos fenómenos mediante medidas cada vez más precisas.

Al mismo tiempo, durante la década de 1870 y con mayor intensidad a partir de 1890, comenzó a desarrollarse un nuevo grupo de industrias de alta tecnología con base científica: refrigeración, aleaciones, motores de combustión interna, aeronáutica, mecánica de precisión, cristal y óptica, electricidad,... Estas innovadoras industrias, junto con la química, sacaron a Europa occidental y Norteamérica del estancamiento económico en el que vivían desde 1873, y sostuvieron su crecimiento hasta 1914, resultando cruciales para el rápido proceso de industrialización alemán, hasta el punto de que los historiadores de la economía han denominado a este conjunto de eventos Segunda Revolución Industrial.<sup>103</sup> Dos de estas industrias, la óptica y la eléctrica, merecen una mención especial por sus esfuerzos en resultar tecnológicamente innovadoras, generar y mantener estándares nacionales e

---

<sup>102</sup> Cahan (1989), cap. 1

<sup>103</sup> Landes (1972).

internacionales y testar y certificar sus productos, lo que las hizo particularmente influyentes a la hora de trazar el curso del PTR.

Como resultado de los trabajos que el físico Ernst Abbe, educado con Weber en Gotinga, realizó en el campo de la instrumentación óptica, unidos a los que el químico especialista en cristales Otto Schott llevó a cabo en la propia compañía, ya a mediados de los ochenta toda la producción de la famosa firma de lentes instalada en Jena, Zeiss, dependía de y estaba controlada por una base científica. Los resultados fueron una enorme mejora de la calidad de los instrumentos ópticos de precisión y un crecimiento disparado de la industria óptica alemana. Nuevos tipos radicalmente mejorados de aparatos como termómetros, microscopios, telescopios y equipo fotográfico hicieron de este uno de los más dinámicos sectores de la economía.<sup>104</sup>

Por otra parte, la emergencia de la industria eléctrica durante la segunda mitad del siglo XIX representó un nuevo fenómeno histórico: al contrario que cualquier otra industria aparecida antes de 1900, la eléctrica debía su mera existencia a la ciencia. Con el descubrimiento de las leyes del electromagnetismo, en especial la de la inducción, la telegrafía revolucionó el campo de las comunicaciones. De hecho, físicos como Faraday, Ohm, Gauss, Weber, Joule, W. Thomson o Maxwell, padres de la ciencia eléctrica, intuyeron rápidamente las posibilidades tecnológicas de sus descubrimientos. Entre finales de los 60 y principios de los 90, bajo la dirección de una cada vez más profunda comprensión científica de los fenómenos electromagnéticos, una serie de innovaciones tecnológicas transformó la industria a través de la continua introducción de voltajes más altos. La dinamo, el teléfono o la lámpara de arco eléctrico se convirtieron en productos rentables. En Alemania, las cifras de empleo, producción e

---

<sup>104</sup> Cahan (1989), cap. 1

inversiones de la industria eléctrica crecieron de forma dramática. Este huracán tuvo su epicentro en Berlín, donde la *Siemens und Halske* de Werner Siemens y la *Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft* (AEG) de Emil Rathenau tenían sus sedes centrales. Juntos, Siemens el inventor y Rathenau el estratega económico se armaron de los recursos necesarios para repartirse el mercado alemán y buena parte del europeo, con la única competencia seria de la estadounidense General Electric. Pero la industria eléctrica necesitaba algo más que leyes científicas, innovaciones técnicas y emprendedores; necesitaba un conjunto estable y universalmente admitido de unidades y estándares de medida. Desde los años setenta científicos, industriales y funcionarios técnicos compartían la apremiante necesidad de establecer medidas fiables para registrar los fenómenos eléctricos: Intensidad luminosa, energía distribuida y consumida, resistencia, fuerza electromotriz, capacidad e inductancia requerían de instrumentos que permitieran su medida rutinaria, así como el establecimiento de estándares regulados por el gobierno para probar la calidad y certificar el consumo.<sup>105</sup>

Por último, las nuevas tecnologías de transporte, comunicaciones y armamento estaban transformando los ejércitos. Helmut von Moltke, jefe del estado mayor alemán entre 1857 y 1887 y aficionado a estudiar física durante toda su vida, implicó las redes de ferrocarriles y telégrafos sus estrategias de movilización, obteniendo un rotundo éxito durante la guerra franco-prusiana. Más aún, gracias a la necesidad que el ejército tenía de instrumentación óptica y topográfica, Moltke hizo mucho por la causa de la tecnología de precisión en Prusia.<sup>106</sup> Él y sus sucesores abogaron por la introducción de nuevos, más poderosos y más precisos tipos de armas que dependían de la ingeniería de precisión y los nuevos medios de comunicación (en particular equipos

---

<sup>105</sup> Sobre la emergencia de la industria eléctrica: Armstrong (1893), Hughes (1985), Birr (1957) o McLaren (1963).

<sup>106</sup> Paret (1986).



eléctricos como el teléfono o la radio; pensar en la artillería de campo o la ametralladora). En cuanto a la armada, las seculares necesidades de instrumentación hidrográfica, meteorológica y astronómica la habían hecho dependiente de la instrumentación de precisión al menos desde los relojes del siglo XVIII, lo que contribuyó a abrir la “mentalidad científica” de este cuerpo de ejército, mostrándose siempre más dispuesto a incorporar las innovaciones tecnológicas. Con la agresiva expansión de la *Kriegsmarine* liderada por Tirpitz a partir de 1898, el recurso a la física y la tecnología fue aún mayor: por ejemplo, para superar los efectos que los nuevos cascos acorazados tenían sobre las brújulas o para desarrollar formas de comunicación con los revolucionarios submarinos.<sup>107</sup>

La física y la tecnología basada en ella, por tanto, habían contribuido a la riqueza material e intelectual del Reich de diversas maneras; para seguir realizando estas contribuciones en una época en la que los gastos necesarios para trabajar en investigación puntera crecían tan rápido como la propia tecnología necesaria, a cambio necesitaba algo del estado: Nuevos espacios de trabajo. Antes de los 60 los laboratorios de física, bastante modestos, se podían encontrar exclusivamente en las universidades. A partir de los 70 los clásicos gabinetes evolucionaron hasta convertirse en institutos universitarios dedicados exclusivamente a la disciplina, pero con escasa orientación práctica o tecnológica, en consonancia con lo dicho acerca de la mentalidad de aquellas universidades humboldtianas.<sup>108</sup> Con ocasión de la apertura de su instituto universitario de Friburgo en 1891, Emil Warburg argumentaba que la creciente utilidad de la ciencia debía estimular las inversiones estatales en ella:

---

<sup>107</sup> Cooling (1979).

<sup>108</sup> Ringer (1969).

“En lo que se refiere a la física, el ascenso de las ciencias naturales que caracteriza los tiempos modernos no yace en el número o importancia de los descubrimientos o principios, sino que se apoya mucho más en la creciente importancia que esta ciencia ejerce en la vida civil y en las ramas de la tecnología que dependen de ella.”<sup>109</sup>

Cinco años más tarde, en su discurso inaugural del año académico ante la Academia Prusiana de Ciencias, Friedrich Kohlrausch se hacía eco del análisis de Warburg:

“En las últimas décadas la física ha abandonado su antiguo y modesto puesto entre las ciencias para pasar a ser una disciplina de primer rango. Esto se debe, en primer lugar, a la enseñanza, cuyo poder para cultivar el pensamiento y la creatividad no puede ser negado ya por nadie. Sin embargo, si uno analiza las causas que han motivado a los gobiernos para invertir muchos millones de marcos en institutos de física, entonces el motivo efectivo probaría ser la conexión de la investigación en física con la tecnología y la vida industrial y económica... La física ha llegado a disfrutar de tan ricos recursos gracias a su interacción con el desarrollo cultural, de acuerdo con el principio moderno de arriesgar capital en una empresa que promete ser útil.”<sup>110</sup>

Ambos, Warburg y Kohlrausch, llegarían a ser presidentes del PTR tras Helmholtz<sup>111</sup>. Una situación política oportuna en Alemania; un espíritu emprendedor entre los físicos germanos; una floreciente ciencia, madura para aplicaciones tecnológicas; una economía en busca de nuevas industrias

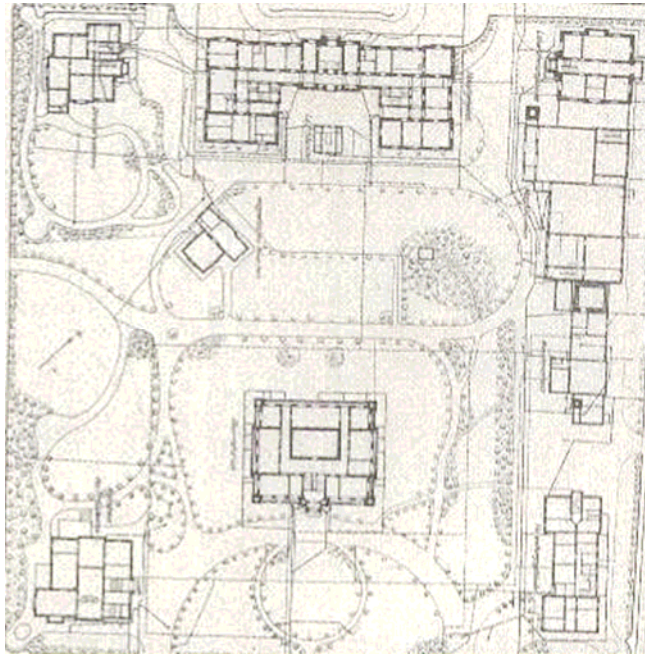
---

<sup>109</sup> Emil Warburg, *Über den Aufschwung der modernen Naturwissenschaften*, Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg 6 (1892), p. 23.

<sup>110</sup> Friedrich Kohlrausch, *Antrittsrede*, Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 2 (1896), p. 737.

<sup>111</sup> Cahan (1989), caps. 4 y 5.

productivas; una población de universitarios e ingenieros en constante crecimiento. Todos estos factores propiciaron la revolución institucional de la física alemana entre 1870 y 1914.



Plano del complejo PTR en Charlottenburg.

El instituto físico-técnico imperial, que comenzó a funcionar en 1887, representa el modelo más temprano de cooperación entre el gobierno, la industria y la ciencia como socios a largo plazo en investigación a gran escala fuera de las universidades. Además, el PTR simbolizó, en otra esfera, el poder y la autoridad del joven Reich: como tituló el propio Cahan, era “un instituto para un imperio”. En la fundación del PTR convergieron los esfuerzos de Wilhelm Förster, presidente de la *Normal Eichungskommision* prusiana e interesado en mejorar la financiación estatal para la normalización de equipos eléctricos y de precisión, con los intentos del industrial Werner Siemens y el físico Hermann von Helmholtz (que se convertiría en el primer presidente del

Instituto) de recaudar apoyo del Reich para un instituto de física experimental<sup>112</sup>. Siemens, inventor y científico él mismo, tenía la idea de

“un instituto capaz de conectar la ciencia y la tecnología, con una sección dedicada a la investigación y otra que haga uso tecnológico del conocimiento científico existente.”<sup>113</sup>

La visión de una ciencia que fuera de la mano con su aplicación tecnológica y más aún, de que el gobierno imperial tenía la obligación de fomentar esta interacción, chocaba con los sentimientos conservadores que, como hemos visto, dominaban el Reichstag. Además, en un principio, el gobierno central se mostraba reacio a abordar un proyecto que se encontraría con la oposición de los *Länder* (temerosos de la competencia que supondría el PTR para sus universidades en materia de investigación), y que probablemente dispararía el reducido presupuesto del Ministerio de Cultura. El compromiso económico de Siemens resultó fundamental en este sentido: El industrial cedió los terrenos para la construcción del instituto (cerca de su factoría de las afueras de Berlín) y se comprometió a aportar una donación anual. De este modo, Siemens consiguió convencer definitivamente al Reich mediante una solución financiera que adaptaba el modelo filantrópico norteamericano a las particulares condiciones de la Prusia guillermina. La sección científica se salvó tan sólo por el énfasis que los promotores pusieron en los beneficios económicos que la investigación aseguraría a largo plazo, así como en la amenaza de la competencia extranjera en el terreno de la industria electrotécnica, y en especial de las ambiciones francesas por dominar la normalización eléctrica internacional. Ya se ha señalado que, en los mismos años ochenta, el argumento de esta amenaza tuvo una importante repercusión en la educación técnica y la industria mecánica; en el siguiente apartado veremos como, pocos años más tarde, el mismo argumento sería utilizado

---

<sup>112</sup> Cahan (1989), caps. 1 y 2.

<sup>113</sup> Citado en el artículo de Cahan (1982), pp. 259-60.

por los químicos en sus intentos de conseguir un instituto similar para su disciplina.<sup>114</sup>



El *Observatorium*, edificio central del complejo.

El PTR nació así con una naturaleza dual: como oficina imperial para la normalización de instrumentos de precisión y como instituto dedicado a la investigación en física experimental. A lo largo de los años, sin embargo, la creciente demanda de trabajos de normalización y control para la industria de precisión, así como el deber de proporcionar datos experimentales para los manuales científicos, convirtieron la metrología y el control de calidad en las principales tareas del instituto. Como consecuencia de ello, los objetivos en física experimental fueron, en gran medida, abandonados.<sup>115</sup> Aunque entre los resultados más conocidos del PTR figuran las medidas experimentales de la radiación del cuerpo negro (Lummer, Pringsheim), que permitirían a Planck formular su archifamosa hipótesis cuántica, resulta sintomático que éstas se realizaran como parte de un programa de definición de la unidad luminosa, de cara a normalizar la fabricación de bombillas de Siemens y

---

<sup>114</sup> Johnson (1990).

<sup>115</sup> Cahan (1989), cap. 4

AEG.<sup>116</sup> En cualquier caso, durante el período imperial el Instituto llevó a cabo un trabajo sin precedentes en la investigación de medidas y constantes físicas, permitiendo la mejora de estándares, instrumentos y protocolos. Con ello, el PTR no sólo contribuyó al bienestar y prestigio de la comunidad física alemana, sino que elevó notablemente el nivel de diversas áreas industriales. El establecimiento de estándares eléctricos, ópticos, termométricos o mecánicos; el incremento del conocimiento sobre propiedades de los materiales, y el control de calidad de casi todos los instrumentos de precisión que Alemania producía, resultaron contribuciones cruciales del instituto a la capacidad tecnológica del país.



Laboratorio de control de calidad en mecánica de precisión, 1900.

El PTR encontró también admiradores en el extranjero; en 1895 Douglas Galton, presidente de la British Association for the Advancement of Science, empezó a promocionar la idea de un laboratorio físico nacional

---

<sup>116</sup> Cahan (1989), cap. 5

británico capaz de desarrollar la metrología necesaria para la ciencia y la industria, tal y como estaba haciendo el PTR por Alemania. Galton se quejaba de que los científicos británicos necesitaban pedir asistencia a París para calibrar sus instrumentos, y de que la industria de precisión británica tenía que recurrir continuamente a Berlín para normalizar su maquinaria y decidir sus diseños. Con el fin de hacer de Gran Bretaña un país independiente en asuntos metrológicos, Galton propuso importar directamente el modelo PTR, incluso a nivel de construcciones y organización; un plantel estelar de científicos británicos, que incluía a Lord Rayleigh, Joseph Lister, Henry Roscoe y Michael Foster se sumó a la petición de una institución científica que hiciera por Gran Bretaña los que el PTR estaba haciendo por Alemania. Para 1898 estos científicos, contando con el apoyo de algunos industriales británicos, habían persuadido ya al tesoro real de que aprobara una partida presupuestaria a tal efecto; un año más tarde abrió sus puertas el nuevo *National Physical Laboratory* en Teddington.<sup>117</sup>



Laboratorio donde se realizaron las mediciones de radiación del cuerpo negro en 1900.

Mientras tanto funcionaba también, una vez más, ese espejo trasatlántico que alemanes y estadounidenses parecían utilizar continuamente en su crecimiento como potencias científicas e industriales. Científicos, ingenieros e

---

<sup>117</sup> Cahan (1989), Introducción.

industriales americanos tomaban buena nota de la repercusión que los logros del PTR en campos como la normalización estaban teniendo en la calidad y capacidad de la industria alemana. En 1897 Henry Pritchett, director de la oficina gubernamental de estándares, pesos y medidas, contrató al físico Samuel Stratton para que elaborara un informe sobre la ampliación de la oficina para que llegara a representar el papel que estaba desempeñando el PTR. La campaña de Pritchett y Stratton a favor de un PTR americano recibió el apoyo de importantes físicos como George Ellery Hale o Joseph S. Ames; este último sostenía que “el gran avance que hemos contemplado en todas las ramas de la industria alemana durante los últimos diez años se debe, en gran medida, al trabajo del PTR.”<sup>118</sup> Además del apoyo de ilustres académicos, la oficina de estándares encontró pronto también el respaldo del congreso, y en 1901 se establecía la *National Bureau of Standards*. Menos de un año después, su primer presidente (Samuel Stratton) viajaba a Berlín con el fin de estudiar los edificios y la organización del PTR para trasladar el modelo a Washington.<sup>119</sup>

El *Reichsanstalt* retuvo su preeminencia al menos hasta el estallido de la Gran Guerra, sirviendo también de modelo para el Instituto Nacional Japonés para la Investigación en Física y Química.<sup>120</sup> Pero en 1914 la imitación se había convertido en competición: El *National Physical Laboratory* y la *National Bureau of Standards*, así como otras circunstancias institucionales en Alemania, amenazaban la hegemonía metrológica del PTR y sus antaño inigualadas capacidades de investigación. Los fundadores del Physikalisch-Technische Reichsanstalt habían concebido su centro como una institución dirigida a cumplir dos objetivos: estandarización y control de calidad para la

---

<sup>118</sup> Ames a Stratton, 13 de Enero de 1900. MIT Libraries, citado en Cahan (1989), p. 3.

<sup>119</sup> Noble (1977), cap. 5., Pritchett (1902), Weber (1925) y Briggs (1951)

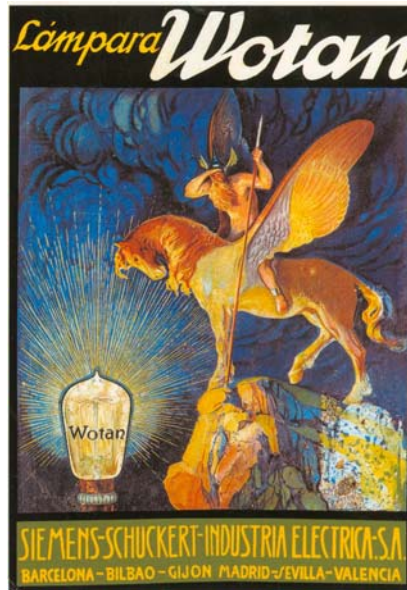
<sup>120</sup> Watanabe (1990, 1997).



industria por un lado, y un gran programa en física experimental por el otro. Sin embargo, y a pesar de contar con un gran presupuesto y, temporalmente, con los mejores físicos alemanes de su época, su lugar atípico en la comunidad física y la incesante tarea remitida por la industria obligaron a aparcar el programa experimental a favor de la metrología y la normalización. No hay duda de que durante el período imperial el instituto realizó una impresionante labor creando y mejorando patrones, instrumentos y métodos de medida; esta claro que esta tarea es, por sí misma, física experimental o aplicada. La investigación en física metrológica requiere de mucho tiempo, sofisticados recursos materiales y una numerosa plantilla de físicos y técnicos especializados. Es un trabajo que a menudo pasa desapercibido como meros datos en libros de tablas o artículos científicos (como en el caso del cuero negro). Para dar una idea de la labor que se llevó a cabo en Charlottenburg, los datos elaborados entre 1887 y 1914 se publicaron en 555 artículos de revistas de física o ingeniería.<sup>121</sup> Colaboró con industrias de todos los sectores: eléctrica, telegráfica, radio, óptica, mecánica, acero, gas, cerámica, azucarera, química... estableciendo estándares, profundizando en el conocimiento sobre las propiedades de los materiales y probando casi todos los aparatos físicos excepto en el campo de pesos y medidas. Además de este trabajo, el PTR proporcionó a multitud de físicos residentes o invitados instalaciones y materiales de una calidad inigualable en aquella época, sirvió como una especie de institución posdoctoral en la que muchos físicos jóvenes pudieron aprender a investigar profesionalmente, y se compenetró a la perfección con la legendaria universidad de Berlín en la que enseñaban Planck o Einstein.

---

<sup>121</sup> Cahan (1989), pp. 224-5.



Propaganda de los productos y sucursales de Siemens en España a principios del sigloXX.

Durante años las dos secciones, técnica y experimental, desarrollaron de manera espontánea laboratorios paralelos dedicados a las diversas áreas de conocimiento, en especial calor, electricidad y óptica. Con la intención de mejorar la comunicación entre ciencia y tecnología, en 1914 el entonces presidente Emil Warburg decidió disolver las dos secciones originales y reorganizar el instituto en tres nuevos departamentos relacionados con las mencionadas áreas, todos ellos dotados de dos laboratorios, uno técnico con funciones en metrología y otro experimental más orientado hacia la investigación básica. Por desgracia, la nueva estructura debía entrar en servicio el 1 de Octubre, dos meses después del comienzo de la guerra. El conflicto no sólo paralizó el programa de reorganización, sino que se llevó al frente a más de la mitad del personal, incluidos 22 científicos residentes (la mayoría de estos últimos fueron destinados a unidades técnicas o a la organización de producción de guerra). La conferencia internacional sobre medición de calor prevista para aquel año se suspendió; los presupuestos para los programas de bajas temperaturas, radioactividad, espectroscopia e

intensidad luminosa se recortaron severamente. Aquellos que se quedaron en Charlottenburg ocuparon la mayor parte de su tiempo en trabajos relacionados con la guerra: probando equipo eléctrico, meteorológico o médico, probando aceros no magnéticos para la marina o estudiando problemas de balística y radiotelegrafía. Aunque Warburg (Cruz de Hierro en la guerra Franco-Prusiana) puso su instituto a disposición del Ministerio de Guerra, los trabajos asignados se redujeron a tareas rutinarias. Los pocos signos de vida científica del PTR durante la guerra se reducen al trabajo del propio Warburg en fotoquímica cuantitativa y a las investigaciones sobre magnetización microscópica que llevaron a cabo Einstein y de Haas como invitados en el laboratorio libre de perturbaciones magnéticas cerca de Potsdam.<sup>122</sup> Nada de investigación básica relacionada con el esfuerzo de guerra. En contraste con ello, *National Bureau of Standards* (1901) o el *National Research Council* (1916) estadounidenses llevaron a cabo, como veremos, proyectos de investigación de primer nivel en física, entre los que destaca el sónar para la detección de submarinos<sup>123</sup>.

Fuerzas políticas que quedaban fuera de la capacidad de influencia de Warburg y que antaño ayudaron al instituto a nacer, olvidaban ahora sus necesidades y desaprovechaban sus posibles servicios. Hay algo de irónico en el destino del PTR durante la Gran Guerra. Éste había hecho mucho por los objetivos políticos del joven Reich: sus servicios a la industria ayudaron a aumentar el comercio exterior alemán, lo que fortaleció al Imperio política y económicamente. Los desarrollos en metrología, estándares y unidades físicas ayudaron a unificar políticamente el Reich, acabando con los seculares problemas de particularismos regionales. En su función de institución oficial alemana responsable del plan internacional de metrología, el instituto incrementó el estatus del Reich como potencia internacional. Finalmente, los

---

<sup>122</sup> Cahan (1989), cap. 5, p. 223 y sigus.

<sup>123</sup> Sánchez-Ron (2007).

prestigiosos científicos que aceptaron trabajar allí ayudaron a hacer de Berlín un centro importante de la ciencia mundial. En resumen, el PTR demostró la importancia del papel que la ciencia y la tecnología pueden desempeñar en la construcción del estado y la sociedad contemporáneos. Mientras que la guerra Franco-Prusiana había generado las condiciones necesarias para fundar una brillante e innovadora institución mixta, la Gran Guerra, un escenario mucho más maduro para la participación de la ciencia y la tecnología, acababa con sus años dorados.<sup>124</sup>

### **Kaiser Wilhelm Gesellschaft.**

Dado que he podido consultar los archivos de la KWG supervivientes en la Sociedad Max Planck de Berlín, citaré las fuentes primarias utilizadas cuando sea necesario. También resulta imprescindible la consulta de Fischer (1922) y Harnack (1911), ambas recopilaciones de los escritos de los propios padres del proyecto. En lo que se refiere a las fuentes secundarias, el libro de Johnson (1990) sobre la génesis de la KWG es una obra fundamental para conocer el tema. Se puede complementar con Burchardt (1975), Kay (1997), Ritter (1992) o Wendel (1975). Moy (1989) se centra en la actuación de Fischer durante la Gran Guerra, mientras que Miller (1970) lo hace en los filántropos americanos que los padres de la KWG tomarán como modelo. Interesante, así mismo, Kormos Barkan (1999) sobre Nernst, otro químico implicado en la KWG.

---

<sup>124</sup> Sigo aquí también las conclusiones de Cahan.

Como explicaba más arriba, una de las características más sobresalientes del renovado sistema de investigación alemán era su nacimiento ligado a un régimen político extremadamente conservador. A la hora de crear nuevas instituciones había que tener mucho cuidado de no invadir las competencias de las ya existentes (en especial las universidades), así como de atraer el interés de grupos sociales con cierto poder económico y capacidad de presión política. Las maniobras que los químicos intentaron llevar a término para recaudar fondos y conseguir apoyo gubernamental de cara a la fundación de un hipotético *Chemische Reichsanstalt* (a imagen del PTR) encajan bien en el esquema de “modernización conservadora”<sup>125</sup>. Se trataba de suplir carencias en el sistema de investigación, liberando a los científicos de su carga docente, proponiendo una nueva institución dedicada a la química aplicada que no sufriera ni de las limitaciones presupuestarias ni del conservadurismo académico de las universidades, pero que gozara de mayor prestigio que los institutos técnicos. Para ello era necesario atraer al capital privado con promesas de beneficios en innovación y estandarización, puesto que el Reich no estaba ya dispuesto a invertir demasiado en este tipo de programas. Tampoco se podía esperar una colaboración entusiasta por parte de los poderosos estratos conservadores de la sociedad prusiana, tales como el ejército o la nobleza. El gobierno imperial no podía pensar en otorgar beneficios fiscales que pudieran ofender a oligarquías tradicionales como los terratenientes del este. El único camino que se abría ante los emprendedores de esta iniciativa, cabezas visibles de la química alemana como Fischer, Ostwald o Nernst, era imitar el modelo norteamericano, en el que fundaciones filantrópicas estaban consiguiendo transferir la riqueza creada por la industria a las instituciones académicas.<sup>126</sup> Esta opción también tendría que lidiar con una oposición enconada por parte de aquellos Professors para

---

<sup>125</sup> Como se ha explicado más arriba, expresión tomada de Johnson (1990).

<sup>126</sup> Johnson (1990), caps. 1-3.

los que la expresión “estilo americano” era un insulto por sí misma, ya que alejaba la ciencia de la pureza desinteresada a la que tradicionalmente estaba ligada en las facultades de filosofía o las academias. Esta actitud conservadora estuvo en la base del sostenido rechazo de las instituciones tradicionales a la orientación de los nuevos institutos, y explica el posterior fracaso de integración institucional y la escasa implicación de las universidades en el proyecto KWG o el esfuerzo de guerra.<sup>127</sup>



Emil Fischer en su laboratorio de química de la Universidad de Berlín, 1905.

El intento de construir un análogo del PTR para la química se plasma en el informe que el académico berlinés Adolf von Harnack redactó para el ministro de cultura, Althoff, en 1907<sup>128</sup>. En él, Harnack aconsejaba al gobierno central apoyar la creación de un organismo interdisciplinar que conectara las diversas subdisciplinas de la química, la física y la biología. Von Harnack argüía, refiriéndose explícitamente a la creciente amenaza que suponía el amplio apoyo industrial e institucional que la ciencia recibía en

---

<sup>127</sup> Ringer (1969).

<sup>128</sup> Harnack en *50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft 1911-1961*. Beiträge und Dokumente Sonderband – 1120 von Max-Planck-Gesellschaft, Berlin, pp. 80-94 y 91-99.

Estados Unidos, que la investigación contemporánea necesitaba de conexiones y recursos de un nivel tal que las universidades ya no podían responder satisfactoriamente al reto de ocuparse de ella por completo. Para abordarlo, el consejero sugería la creación de institutos imperiales de investigación liderados por científicos de primer nivel, libres de responsabilidades docentes. En palabras del propio Harnack,

“El poder militar y la erudición son los dos pilares centrales de la grandeza alemana.”<sup>129</sup>

Sin embargo, la idea de un *Chemische Reichsanstalt* tuvo que abandonarse ante la negativa del Reich a mantener económicamente el futuro instituto. Los presupuestos generales sufrían con el aumento de los gastos militares y los programas sociales en curso, y la experiencia del PTR advertía a los gestores de Berlín acerca de los gastos crecientes que provocaban este tipo de organismos. En 1907 resultaba realmente difícil obtener la aprobación oficial de proyectos previsiblemente caros que quedaran fuera de las prioridades principales del presupuesto imperial: armamentos y colonias. Estas dos categorías daban cuenta de nueve décimas partes de los gastos del gobierno central entre 1901 y 1913.<sup>130</sup> ¿No podría haberse incluido la propuesta en la categoría de defensa? ¿No podrían los militares haber sospechado el valor estratégico que la química tendría en una guerra larga, tal y como ya lo habían sospechado Ostwald, Nernst o Haber al intentar sintetizar nitratos, y la BASF al apoyar estos intentos? A la vista de la indiferencia que el estado mayor mostró incluso durante las primeras fases de la guerra, es nuestra opinión que aunque los químicos hubieran enfatizado las ventajas que el nuevo instituto ofrecería a la autosuficiencia de materias primas, las autoridades militares prusianas los habrían ignorado.<sup>131</sup> En cualquier caso, los promotores del

---

<sup>129</sup> Harnack (1911), p.10.

<sup>130</sup> Witt, P.C. (1970).

<sup>131</sup> Chickering, Förster (2000), caps. 2, 4, 5 y 9. También Haber (1986).

instituto podían haber intentado implicar indirectamente al ejército a través de la industria de explosivos y armamentos. Esto incluía al amigo de Ostwlad, Wilhelm Will, director del centro industrial para investigación de explosivos en Neu Babelsberg, así como a la sección química de la Oficina Militar de Pruebas en Jungfernheide, por no hablar de Emil Ehrensberger, que dirigía el flamante laboratorio de aleaciones para blindaje y cañones en Krupp.<sup>132</sup> Sin embargo, salvo algún caso aislado de oficiales navales, no hay evidencias de interés por parte del ejército, ni de que los proponentes del instituto intentaran contactar con el ministerio de guerra prusiano ni el gabinete militar del Emperador. Incluso aunque las barreras sociales hubieran sido más relajadas, estas agencias difícilmente habrían estado técnicamente capacitadas para considerar propuestas por parte de los químicos. Aquellos científicamente poco sofisticados oficiales habían necesitado largo tiempo para convencerse de que el índigo sintético, el mayor triunfo de la industria química alemana, era de hecho la misma sustancia que el índigo natural importado, mucho más caro y de irregular calidad; no autorizaron su uso para los uniformes hasta 1902, seis años después de que la BASF lo comercializara.<sup>133</sup> Por otro lado, Schlieffen acababa de ultimar los detalles de su plan para una victoria relámpago en el oeste; su premisa, que una guerra contemporánea no podía prolongarse pues arruinaría las altamente desarrolladas economías industriales de los participantes, ni siquiera tomaba en cuenta la posibilidad de un bloqueo naval británico.<sup>134</sup> En este contexto, no resulta sorprendente que el alto mando mostrara poco interés en la propuesta de un laboratorio de investigación cuyo principal función militar habría sido paliar los efectos de una larga y ruinosa guerra. A pesar, como decíamos, de las protestas de algunos líderes navales acerca de los peligros

---

<sup>132</sup> Homburg (1998), cap. 6 y Buchanan (2006). Para Krupp, Epkenhans (2000).

<sup>133</sup> Johnson (1990), cap.4

<sup>134</sup> Strachan (2004) y Tuchman (2004).



económicos derivados de un fallo del Plan Schlieffen, no tenemos constancia de que la cúpula militar se planteara estos problemas antes de 1914. En resumen, los químicos estaban aún lejos de ser capaces de identificar explícitamente las necesidades de su ciencia con la supervivencia nacional en caso de guerra, y las líneas estratégicas del estado mayor prusiano apuntaban en direcciones distintas a la autarquía.



Proyecto de Ernst von Ihne para el Instituto Káiser Guillermo de Química, 1911.

Ante el bloqueo del proyecto, la Asociación de Químicos Alemanes cambió de estrategia, y miró una vez más hacia Estados Unidos, donde la Fundación Carnegie invertía dinero industrial en investigación desde 1902. Tras la negativa del Reich, los emprendedores empezaron a buscar financiación privada en la industria química alemana. El gobierno central, y especialmente el Káiser en persona, sí parecían dispuestos a ayudar en esta labor: En 1909 Guillermo II hizo público un manifiesto de apoyo a la sociedad que llevaría su nombre<sup>135</sup>. En él, apenas se prometían beneficios fiscales para los inversores, pero se dejaban entrever ventajas de prestigio social, que podían atraer a nuevos ricos sin orígenes nobles, como el denominado “dinero judío”. En general, se trataba de una orquestación

---

<sup>135</sup> Johnson (1990), cap. 6. El manifiesto del Kaiser en *50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft 1911-1961*, p.114.

dirigida por Althoff y el Kaiser para encandilar a posibles “carnegies” y “rockefellers” pinchando amablemente con la punta del *Pickelhaube* (casco) prusiano. Representantes de la gran industria química (Agfa, BASF, Bayer), y del acero (Krupp), atraídos por el ejemplo del PTR y lo que éste había hecho por la industria eléctrica, se sumergieron de lleno en el proyecto una vez que este recibió el apoyo personal del Káiser. La apuesta por unos institutos centralizados en vez de un sistema de becas que imitara fielmente el modelo de la Fundación Carnegie se debía a que este parecía demasiado disperso y alejado de la tradición alemana. Al contrario que en el caso alemán, el tejido socioeconómico de los Estados Unidos, con industrias aún carentes de importantes laboratorios propios, así como su flexible sistema universitario privado, favorecían la inversión dispersa. En Alemania,

“sólo un laboratorio central podrá concentrar sus energías es proyectos de investigación a gran escala, sólo un centro de investigación podrá sentar las bases de una nueva tradición y fundamentar una nueva experiencia colectiva.”<sup>136</sup>



El Instituto de química, tal y como finalmente se construyó, en 1913. Observar la sustitución por un “Pickelhaube” de la torre cónica estilo “Château” del proyecto original.

---

<sup>136</sup> Ostwald (1906), pp. 645-46.

En cierto sentido, resulta paradójico que los químicos se organizaran más tarde que los físicos en busca de su propio instituto de investigación y desarrollo, dado que la química era, ya a finales del XIX, una ciencia mucho mejor establecida que la física desde el punto de vista económico. Los alumnos de la escuela de Liebig habían fundado, a mediados de siglo, importantes empresas dedicadas a los tintes y los productos farmacéuticos, y desde 1867 la *Deutsche Chemische Gesellschaft* coordinaba los intereses del gremio.<sup>137</sup> Esta tardanza se comprende mejor si notamos el hecho de que las principales empresas químicas tenían ya sus propios laboratorios de investigación, laboratorios que les garantizaban innovación a corto plazo y patentes con beneficios netos.<sup>138</sup> De este modo, durante años las empresas químicas se mostraron reacias a invertir en un instituto general cuyos beneficios directos eran, cuando menos, dudosos. La intervención personal del Káiser en apoyo del proyecto y los incentivos ofrecidos por el gobierno prusiano, interesado en atraer capital privado, desbloquearon poco a poco la situación.

La propuesta para un Instituto Químico Imperial sorprende por su carácter avanzado: En ella las consideraciones políticas, económicas y científicas se solapan y refuerzan entre sí. Era un modelo de lo que los proponentes habrían querido introducir en el sistema académico, creando puentes sobre las fallas institucionales, conectando las diversas disciplinas y promocionando el status de la química como carrera tanto de investigación como profesional. La aproximación de los químicos podía ser considerada incluso más avanzada que la de Siemens para el PTR. Ésta surgió de conversaciones privadas, mantenidas bajo la égida de la burocracia prusiana, sin apenas participación de los intereses profesionales; mientras que los químicos planearon desde el principio una institución nacional, intentando

---

<sup>137</sup> Sánchez-Ron (2007), cap.2.

<sup>138</sup> Haber (1958).

llegar a un amplio consenso entre los académicos y las élites industriales, involucrando públicamente a burócratas clave como Althoff antes de dirigirse al gobierno. El ideal de los químicos, que también había sido el de Siemens, era una institución imperial central que se ocupara de la investigación en áreas con posibles resultados de valor general para la industria. Su presupuesto, que hasta cierto punto era también el de Althoff, que la competencia entre diferentes firmas (industria) y Länder (institutos universitarios) era secundaria en comparación con la competencia científica y económica internacional.<sup>139</sup>

Los objetivos específicamente científicos de la propuesta resultan también reconociblemente contemporáneos, incluyendo no sólo una creciente sofisticación y precisión del análisis químico, sino también la promoción de métodos físicos y matemáticos en química. Ostwald y Duisberg expresaron otro aspecto del nuevo estilo científico emergente refiriéndose a la introducción de rutinas en la investigación, lo que ofrecía la posibilidad de inversiones en ciencia planeadas y rentables, según su propia experiencia en Bayer.<sup>140</sup> Incluso la organización propuesta para el instituto habla de la avanzada perspectiva de los químicos, que no deseaban ya distinguir entre investigación “pura”, “aplicada” o “técnica”. Las condiciones de la química permitían a sus practicantes trascender muchos de los prejuicios inherentes al uso decimonónico de estos términos.

El apoyo más decidido que el plan encontró en el ámbito industrial vino por parte de Carl Duisberg, una de las mentalidades más avanzadas entre los altos directivos alemanes como atestiguan la organización de investigación industrial a gran escala que construyó en Bayer desde finales del XIX. Frustrado por el reciente fracaso de su propuesta para formar un trust químico, para él la centralización implícita en este plan parecía la extensión natural de sus ambiciones pues trazaba un camino indirecto hacia el objetivo,

---

<sup>139</sup> Sigo las conclusiones de Johnson (1990).

<sup>140</sup> Meyer-Thurow (1982).

más amplio, de reorganizar la industria química. Él, como los académicos implicados, seguía consciente o inconscientemente el patrón de la modernización germano-prusiana.<sup>141</sup>



Hann y Meitner en el laboratorio de Radioquímica, 1913.

El primero de los institutos KWG, dedicado a la química, se inauguró en Dahlem a finales de 1912, siendo nombrado director el analítico Beckmann. El instituto también estaba dotado de secciones de orgánica (Willstätter), inorgánica (Beckmann) y radioquímica (Hann y Meitner, que más tarde descubrirían allí la fisión del Uranio). Poco después abrió sus puertas el Instituto de Química Física y Electroquímica. Justo a tiempo de servir al estado en la Primera Guerra Mundial (no en vano su director era el químico Fritz Haber). A lo largo de los meses siguientes se inauguraron los Institutos del Carbón (Mülheim), del Acero (Dusseldorf, asociado a Krupp), de Terapia Experimental y Fisiología del Trabajo (Dahlem) y de Biología (también en Dahlem, y cuyo programa de lo que acabaría llamándose biología molecular resulta, aún hoy, especialmente impresionante).<sup>142</sup> El KWG canalizó fondos públicos y privados para investigación en una gran iniciativa orientada a

---

<sup>141</sup> Duisberg (1933) y Travis (1998).

<sup>142</sup> Johnson (1990), caps. 7-8.

obtener resultados prácticos con supervisión ministerial. La dinámica del proyecto *Vernwissenschaftlichung* (“cientifización”) alemán cristalizó en una relación cooperativa entre el estado, la industria y la ciencia, acabando con la tradicional distinción entre la ciencia pura, la investigación aplicada y la tecnología. Pero, ¿hubiera sido posible semejante proyecto de integración y modernización sin la creciente tensión internacional y la amenaza (para muchos deseo) de una guerra inminente?

Probablemente, no. La realización efectiva de estos procesos de cooperación adquirió gran parte de su fuerza motriz de la situación de rivalidad entre potencias y de la amenaza constante de guerra entre ellas desde la retirada de Bismarck y el comienzo de la *Weltpolitik*.<sup>143</sup> En el discurso inaugural de la KWG (11 de Enero de 1911), Emil Fischer esbozó un programa de progreso lineal similar al que podemos encontrar, tres décadas más tarde, en el informe de Vannevar Bush para el presidente Truman<sup>144</sup>. El enfoque está menos orientado hacia la transformación social y el progreso económico, pero la relación directa entre investigación básica, progreso industrial y competencia en el ámbito internacional que establece Fischer adelanta claramente las ideas que tanta repercusión tendrían tras la Segunda Guerra Mundial. Los más prestigiosos científicos alemanes tenían ya claro que la competitividad en ciencia y tecnología era el marchamo de la actualidad:

“El progreso general del conocimiento ha beneficiado a un buen número de industrias, desde la química hasta la agricultura... La investigación requiere cada vez mayor cantidad de recursos y dedicación. El Instituto Káiser Guillermo para la Química aliviará esta situación y ayudará a encarar la amenaza que supone la competencia científica y la capacidad industrial de los Estados Unidos, que disponen de vastos recursos naturales en su propio

---

<sup>143</sup> Johnson (1990), cap.9.

<sup>144</sup> Bush (1945)

territorio... Como ejemplo de esto, el proceso de Herr Haber implementado por Herr Bosch a nivel industrial pronto será capaz de triplicar nuestra disponibilidad de compuestos de nitrógeno para la agricultura, incrementando la cosecha lo suficiente como para hacer de Alemania un país independiente de potencias extranjeras en cuanto a los productos de la tierra. Trabajos similares están proyectados de cara a un mejor aprovechamiento de nuestro carbón, los combustibles fósiles y los productos orgánicos sintéticos... Los tesoros ocultos de los hijos del Káiser, nutridos por los benefactores de la Sociedad, ayudarán a encontrar en la química y, con ella, en toda la ciencia natural, la auténtica tierra de las posibilidades ilimitadas.”<sup>145</sup>

Fischer pintaba un cuadro dinámico de vigorosa investigación académica e industrial, en el que los Institutos Káiser Guillermo desempeñarían un papel esencial. Calificar la química como “la tierra de las posibilidades ilimitadas” implicaba que las conquistas de la ciencia y la tecnología eran mejores que las imperiales: Al contrario que los recursos naturales (teniendo en cuenta la pobreza del suelo alemán en todo lo que no fuera carbón), los productos de la industria sintética podían resultar realmente ilimitados. En este discurso, Fischer plantea por primera vez la posibilidad de desarrollar una industria de gasolinas y sintéticos basada en el carbón mediante hidrogenación a altas presiones, proyecto que después, y de forma análoga a la síntesis de amoníaco por el proceso Haber-Bosch, llevaría a término la I.G. Farben con el apoyo nazi, en un contexto de autarquía económica y tensión internacional.<sup>146</sup> Esa idea parecía constituir un elemento esencial del punto de vista que llevó a Fischer y sus colegas a promover una asociación como la KWG: como patriotas alemanes estaban deseosos de que su disciplina pudiera colaborar en el prestigio internacional y la fuerza económica de Alemania. Teniendo en cuenta argumentos como este, que abundan en los informes y discursos

---

<sup>145</sup> Fischer, E. (1911).

<sup>146</sup> Köhler (1990).

relacionados con la fundación de la KWG desde 1900<sup>147</sup>, no resulta sorprendente que los tres cabecillas del proyecto (y también, por supuesto, Fritz Haber) figuraran entre los firmantes del *Aufruf an die Kulturwelt*, más conocido como “Manifiesto de los 93”, publicado a finales de 1914. Suscrito por muchos de los principales académicos alemanes de todos los campos, en él se legitimaba la invasión de Bélgica y se defendía la superioridad científica y espiritual germanas.<sup>148</sup>



El Kaiser Guillermo II, acompañado de von Harnack, Fischer y Haber en la inauguración del Instituto de Electroquímica, el 23 de Octubre de 1913.

En la retórica propagandística desplegada por los promotores del proyecto KWG quedaba implícita la valía para la guerra contemporánea como uno de los principales argumentos de cara a la construcción de institutos de investigación estrechamente ligados a la industria y el estado. Especialmente

---

<sup>147</sup> 50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft 1911-1961. Beiträge und Dokumente Sondereinband – 1120 von Max-Planck-Gesellschaft, Berlin.

<sup>148</sup> Wolff (2003) y Sánchez Ron (2007), cap. 8.



en la Alemania de ascendencia prusiana, el nacionalismo era un factor de peso en el clima de creciente tensión internacional que se vivía a principios del siglo XX.<sup>149</sup> Los científicos supieron aprovechar este clima para promocionar sus propios objetivos, planteando la futura guerra como objetivo directriz de la política científica en tiempos de paz. La dualidad de la competencia nacional (con otras disciplinas, laboratorios industriales y destinatarios del prosupuesto imperial) e internacional (con Estados Unidos como amenaza más señalada) aparece en los discursos de los padres de la KWG como el motor de la inversión en el incipiente programa nacional de I+D. La utilidad de las ciencias para la nación y la competencia con otras naciones son argumentos utilizados sistemáticamente por los químicos para atraer intereses e inversiones; sus proclamas durante el período fundacional están llenas de expresiones de herencia baconiana como “es necesario encontrar un marco institucional adecuado para transformar el conocimiento en poder” o “permanecer quietos es igual que retroceder.”<sup>150</sup>

Como ya hemos comprobado repetidamente, los científicos germanos (no sólo los químicos) muestran ya antes de la Primera Guerra Mundial una aguda conciencia de la amenaza económica y tecnológica que suponían los EEUU. Potencia incipiente y aún desdeñada por los líderes políticos de los viejos imperios coloniales, Estados Unidos presentaba una tasa de crecimiento similar a la alemana, pero la riqueza de recursos y el volumen de los proyectos estadounidenses resultaban abrumadores. La mejor muestra de ello, de la que tomaron buena nota Haber y otros invitados a la exposición de St. Louis (1904), es el enorme presupuesto del *National Bureau of Standards*, creado en 1901 a imagen del PTR pero con competencias adicionales en

---

<sup>149</sup> Fischer, F. (1967, 1975 y 1986).

<sup>150</sup> Discurso de Ernst Beckmann sobre el establecimiento de un *Chemische Reichsanstalt*, 1908. En *Zur Begründung einer Chemischen Reichsanstalt*, p.2, Verein Chemische Reichsanstalt vol1., p.18. (Werksarchiv der Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen).

química, pesos y medidas.<sup>151</sup> En el discurso asambleario de Fischer del 21 de Febrero de 1906 ya se utilizan la escasez alemana de recursos en caso de bloqueo, la rivalidad internacional y los avances institucionales y presupuestarios del sistema de investigación americano como argumentos de presión para obtener fondos del Reich en un contexto de *Weltpolitik*.<sup>152</sup> Las mismas amenazas aparecen en el ya citado discurso de Beckmann de 1908. En su informe para el ministerio, Haber hacía notar la dependencia norteamericana de la química orgánica alemana, pero destacaba el vasto potencial de crecimiento independiente en áreas como la inorgánica o la química-física, así como la -para él- sorprendente cercanía a las necesidades de inversores privados que presentaba el sistema universitario estadounidense.<sup>153</sup> Fischer, Ostwald y Nernst estaban al tanto del informe, y a partir de 1904 se percibe un incremento de sus referencias a la “amenaza americana” en sus peticiones al Reich<sup>154</sup>. Desde entonces, Haber sería consultado como “experto en el sistema americano” por la KWG, y ya en Dahlem gozaría de gran libertad para organizar el instituto que dirigía.

Más tarde, los responsables del KWG quedaron atrapados en su propia propaganda, dando la impresión de que los “Institutos del Káiser” habían sido creados expresamente y justo a tiempo para colaborar en la Gran Guerra:

“Nuestros enemigos han conseguido algo bastante inesperado y negativo para ellos: Han unido tanto como era posible la ciencia y la fuerza militar alemanas. Por supuesto, nosotros sabíamos que estos dos pilares tenían una conexión profunda. Lo que no sabíamos es que esta conexión era tan inmediata que la fuerza militar podía ser sustentada por la ciencia... Con

---

<sup>151</sup> Noble (1977) y Weber (1925).

<sup>152</sup> *Vorschläge* 2, pp.19-22., Verein Chemische Reichsanstalt/B 28-41.

<sup>153</sup> Haber, F. (1903), pp.294-303.

<sup>154</sup> Jonson(1990), cap. 5.

profundo agradecimiento a nuestra Majestad Imperial, debemos honrar al destino que permitió a la KWG surgir en el momento justo... Crear, organizar, disciplinar: en esta tríada de espíritu y trabajo alemán, la fuerza militar y la ciencia caminan de la mano.”<sup>155</sup>

Aunque quizá no se trataba sólo de una impresión, ni los científicos se sentían tan atrapados por los “compromisos” previos. El nivel de discurso que establecieron, entre otros, Fischer o Haber, refleja una retórica propia de objetivos conscientes, y los éxitos y fracasos de la empresa durante la guerra revelan lo que subyacía a sus pronunciamientos. Los científicos movilizaron voluntariamente sus habilidades para colaborar en el esfuerzo bélico (*Selbstmobilisierung*), actuando como mediadores, organizadores e innovadores. Como mediadores profundizaron en la conexión entre ciencia, política e industria, y fortalecieron la necesidad social de profesionales altamente cualificados. Como organizadores se esforzaron por anclar definitivamente la relación cooperativa entre ciencia y tecnología, con el fin de institucionalizar su contribución a la resolución de problemas sociales (ellos hubieran dicho “nacionales”). Finalmente, los mismos patrones tecnocráticos que estimularon la innovación en la esfera investigadora presentan claras semejanzas con la posterior *BigScience* norteamericana.

Este nuevo tipo de organización de la investigación científica se desarrolló con éxito en algunos institutos KWG durante la Primera Guerra Mundial, como veremos en el apartado correspondiente al programa de armamento químico alemán. Parte fundamental de la guerra es también la preparación que las naciones hacen para ella; si bien el énfasis que pusieron los científicos alemanes en la amenaza exterior llegó a tomar un cariz que ellos, más centrados en la rivalidad científica y económica, quizá no

---

<sup>155</sup> Adolf von Harnack, presidente de la KWG, en su informe anual. Abril de 1916. *KWG Jahresbericht*, pp.3-5, Adolf von Harnack Papers, Sec. IV, caja 23, Deutsche Staatsbibliothek Berlin, La traducción es nuestra.

pretendían, no se puede negar que acabó dando forma a sus instituciones, como demuestra la continuidad de éstas antes y después de los cañones de Agosto.<sup>156</sup>

### Orígenes del Ersatzprogramm.

El término alemán “ersatz” se traduce normalmente como “sustitución”. En este contexto, se aplicaba a la sustitución de materias primas de origen natural por sintéticas. El término se siguió usando con ese significado concreto en el período de entreguerras y durante la Segunda Guerra Mundial para los grandes programas de IG Farben en Buna (caucho sintético) y gasolinas sintéticas a partir del carbón.<sup>157</sup>

Los programas de *Ersatz* no son sino una consecuencia natural de la mentalidad que hemos podido analizar en el epígrafe anterior, la idea de que la química sería capaz de sustituir a las colonias en el suministro de materias primas, garantizando la autarquía alemana en caso de guerra. Por lo tanto, una vez inaugurados los principales institutos de Dahlem, Fischer se embarcó pronto en el plan para un instituto dedicado a la investigación del carbón en el Ruhr, sugerido ya años antes en el intento de atraer inversiones de las grandes industrias mineras para el *Chemische Reichsanstalt*.<sup>158</sup> Este centro se convirtió en una posibilidad práctica tan sólo algunos meses más tarde, como resultado de los esfuerzos del gobernador del distrito de Düsseldorf, Francis Kruse. Kruse había intentado persuadir a varios líderes de la industria del

---

<sup>156</sup> KWG durante la guerra en Moy (1989), Johnson (1990), cap. 9 y Haber (1986). La expresión “Los cañones de Agosto” se refiere a Tuchman, B. (2004).

<sup>157</sup> Köhler (1990).

<sup>158</sup> Rasch (1989).

Ruhr para que se unieran al proyecto KWG, encontrando respuesta favorable en Hugo Stinnes y Gustav Krupp, quien ya había ofrecido su apoyo para el complejo de Dahlem. Mientras tanto, Emil Fischer elaboró un plan preliminar de investigación basándose en las conversaciones mantenidas con varios expertos, entre los que se podía contar a Adolf Frank (TH Berlin-Charlottenburg; uno de los inventores del proceso de fijación de nitrógeno a través de la cianamida cálcica, que más tarde competiría a escala industrial con el famoso Haber-Bosch), Hans Bunte (del instituto para el estudio de combustibles asociado a la TH de Karlsruhe, donde también trabajó Fritz Haber), Gustav Krämer (director de la AG für Theer und Erdölindustrie en Berlin, y viejo compañero universitario de Fischer) y a sus colegas en la KWG Ostwald, Nernst y Haber.<sup>159</sup> A través de Bunte y Frank, Fischer estaba al tanto de los detalles del reciente trabajo en hidrogenación catalítica del dióxido de carbono para producir hidrocarburos simples. Aunque el proceso había sido practicado en laboratorio, aún no se había desarrollado a escala industrial, lo que hubiera añadido un gran valor a los subproductos del coque. La BASF estaba ya explorando este área en paralelo al programa de hidrogenación de nitrógeno Haber-Bosch, en sus primeros pasos hacia la síntesis de combustibles.<sup>160</sup>

La idea de producir combustibles líquidos a partir del carbón atraía especialmente a Krämer, cuya compañía competía con los gigantes petrolíferos norteamericanos. Alemania no contaba con ninguna fuente doméstica de petróleo, cuyo alto coste limitaba el desarrollo de las industrias automovilísticas y aeronáuticas nacionales. Con el fin de reducir la dependencia alemana de las importaciones de petróleo, Krämer sugirió dedicar buena parte de los recursos del nuevo instituto a desarrollar un proceso industrial de conversión que permitiera utilizar las enormes reservas

---

<sup>159</sup> Moy (1989) y Johnson (1990), cap.8

<sup>160</sup> Hughes (1969).

nacionales de carbón bituminoso y lignito. La hidrogenación se podría aplicar también, proponía Krämer, a los componentes más volátiles del alquitrán para producir toda una nueva serie de sintéticos. No en vano, un antiguo asistente de Krämer que ahora trabajaba en el Ruhr acababa de descubrir la existencia de significativas cantidades de butadieno en el alquitrán, hidrocarburo que podía utilizarse como materia prima para el tan ansiado caucho sintético mediante un proceso recientemente desarrollado en los laboratorios de Bayer.<sup>161</sup>

Walter Nernst sugirió el último de los elementos para el plan de Fischer: la posibilidad de diseñar centrales termoeléctricas que produjeran electricidad eficientemente a partir de la quema de estos combustibles sintéticos. Si este desarrollo tenía éxito, argumentaba Nernst (cuya lámpara incandescente, fabricada por AEG, competía ya en el mercado con los productos de General Electric), los beneficios para la industria alemana serían enormes, y el país superaría definitivamente su falta de fuentes baratas de hidroelectricidad.<sup>162</sup>

La información reunida hacia finales de Julio de 1912 causó una profunda impresión en Fischer, que se declaró sorprendido por la cantidad de retos que presentaba la industria de los combustibles. El 29 de Julio, con el lema “Multiplicar el valor inherente del carbón”, presentó sus conclusiones ante 120 líderes de la industria del Ruhr que Kruse había reunido en Mülheim.<sup>163</sup> Con el trabajo de recaudación ya muy avanzado, la asamblea aceptó las líneas programáticas y las propuestas de financiación casi sin discusión. El Instituto Káiser Guillermo para la Investigación del Carbón

---

<sup>161</sup> Hughes (1969) y Meyer-Thurow (1982).

<sup>162</sup> Kormos-Barkan (1999).

<sup>163</sup> Lepsius (1914).

abriría sus puertas en Julio de 1914, cuando ya casi se podían escuchar los cañones del frente.<sup>164</sup>

El interés de Emil Fischer en un instituto dedicado al carbón no era, desde luego, puramente académico. A la vista del programa que elaboró, queda claro que aumentaba rápidamente su preocupación por los problemas que Alemania encaraba en el campo de los recursos estratégicos, no sólo en lo que se refiere a la competencia económica internacional pacífica, sino también en caso de un posible conflicto, muy presente ya en la prensa y los discursos del Káiser.<sup>165</sup> Al contrario que en Gran Bretaña (que contaba con su imperio colonial) o Estados Unidos (con sus vastos recursos interiores), en Alemania la noción de escasez, el peligro de agotar los recursos naturales, se tuvo presente desde un momento histórico muy temprano. Primero a nivel retórico, más tarde como parte integral de la economía nacional, no por motivos medioambientales sino más bien geopolíticos. El imperio colonial alemán era escaso tanto en territorio como en recursos; era un imperio de prestigio, que costaba dinero más que aportarlo.<sup>166</sup> Ante esta situación, hay que atribuir a los líderes de la KWG el mérito de lanzar a la palestra las nociones de escasez y sustitución, y a varias industrias químicas alemanas el valor de tomarlos tan en serio como para poner en marcha programas de *Ersatz* capaces de rentar en pocos años.<sup>167</sup>

Fischer había anunciado la solución preliminar de Bayer al problema del caucho en su discurso a la sociedad de 1911<sup>168</sup>, pero a lo largo de 1912 el precio del caucho había bajado tanto que la empresa suspendió el programa, a

---

<sup>164</sup> Rasch (1989).

<sup>165</sup> Fischer, Emil. (1911 y 1922, 1)

<sup>166</sup> Fischer, Fritz (1967).

<sup>167</sup> Johnson (1990), pp.186 y sigus. y Smil (2001).

<sup>168</sup> Fischer, E. (1911)

pesar de haber invertido ya unos 150.000 marcos en él.<sup>169</sup> El problema del petróleo resultaba aún más preocupante: sin fuentes domésticas, el ejército alemán sería incapaz de utilizar vehículos y aeroplanos más allá de los primeros meses del conflicto que se avecinaba.<sup>170</sup> Aunque las autoridades militares mostraron en 1913 un gran interés por establecer un instituto aeronáutico en Gotinga, ignoraron por completo, una vez más, el instituto del carbón antes del estallido de la guerra<sup>171</sup>. Tal y como ellos la preveían, ésta acabaría tan pronto que la cuestión de los recursos estratégicos apenas tendría tiempo de plantearse.

Sin embargo, Fischer, Harnack, Ostwald y el resto de fundadores de la KWG habían conseguido estampar en los programas científicos de la Sociedad la mentalidad que la había inspirado: Por un lado se abordaban cuestiones fundamentales de las ciencias naturales, mientras que por otro se buscaban soluciones a problemas tecnológicos de interés máximo para la nación y, llegado el caso, para su aparato militar. No en vano ellos hubieran deseado que fuera un *Chemische Reichsanstalt*, un instituto para el Imperio.

En conclusión, a pesar del conservadurismo político de su sistema de gobierno y sus relaciones sociales, en vísperas del inicio de la guerra Alemania contaba con un sistema de ciencia académica de raíces profundas, que había asumido plenamente el valor de la investigación científica en el laboratorio, y muchos de cuyos integrantes habían abierto ya su mente a la tecnología y la ciencia industrial. Contaba además con una extensa red de escuelas de ingeniería que estaban modernizando rápidamente sus currícula y sus instalaciones en consonancia con las exigencias de la industria. En definitiva, Alemania contaba con el sustrato ideal para producir una generación de

---

<sup>169</sup> Hughes (1969).

<sup>170</sup> Köhler (1990).

<sup>171</sup> Rasch (1989), caps. 2 y 3.



profesionales bien instruidos que aprovecharan las oportunidades que ofrecían las nuevas industrias de base científica. Pero sobre todo, contaba con unos institutos de investigación de nuevo cuño, capaces de constituirse en foro para lubricar y estrechar la relación entre la ciencia, la industria y el gobierno. Capaces también de atraer la atención del estamento militar hacia el valor que la ciencia podía tener en plena emergencia nacional: Este último tipo de instituciones, en especial los institutos KWG, serían el núcleo fundamental en torno al cual pudieron cristalizar los grandes programas de investigación alemanes durante la guerra: La sustitución de materias primas y las armas químicas, que exploraré en el capítulo 3.

## **1.2 El modelo estadounidense.**

“En los cien años posteriores a 1870 los estadounidenses crearon la nación tecnológica contemporánea. Esto fue la génesis americana”

Hughes (1989), p.3.

Uno de los objetivos principales de esta sección es comparar la situación Alemana con la estadounidense, en el umbral de la guerra. Se prestará por tanto especial atención a las diferencias en el sistema educativo así como a los valores o ideologías de la comunidad de ingenieros en cada país, con el fin de relacionar estos factores con las similitudes o diferencias que pudiera presentar la base tecnocientífica de la industria en ambos casos. El objetivo de tal comparación no radica en sugerir que un país era el “modelo” mientras

que el otro representa una “desviación”, sino en enfatizar la necesidad de considerar los aspectos institucionales a la hora de dar cuenta de los diferentes patrones nacionales de desarrollo tecnológico. El otro objetivo principal es, al igual que se ha hecho con el caso alemán, situar el escenario de las principales instituciones científico-técnicas norteamericanas en vísperas de la Gran Guerra, para poder comprender mejor el sustrato en el que se sustentaría su química industrial y su movilización de la ciencia durante la contienda. Atenderé para ello a dos grandes centros de investigación que, en paralelo con el PTR y la KWG alemanes, supusieron una importante renovación institucional en torno a 1900. Unas instituciones que marcaron el inicio de una nueva era para la ciencia estadounidense, cuyos valores y métodos sirvieron de inspiración tanto para instituciones más antiguas que buscaban renovarse, como para aquellas que surgieron en gran número en la Norteamérica de las décadas siguientes: El Instituto Tecnológico de Massachussets y la Oficina Nacional de Estándares.

### **Massachussets Institute of Technology (MIT)**

Existen dos historias institucionales clásicas en torno al nacimiento y primeras décadas del MIT, Prescott (1954) y Goodwin (1933), esta última centrada en los departamentos de física y química. Aunque un tanto laudatorias, ambas son valiosas en cuanto a crónicas y registro de datos en bruto. También podemos encontrar una gran cantidad de información en Noble (1977) y Dupree (1986), dentro de marcos interpretativos más críticos. DeVane (1965) trata la historia del sistema educativo superior estadounidense. Erkowitz, Leydesdorf (1997) y Murmann (2003) desgranar las relaciones entre universidades, industria y gobierno, mientras que Kevles (1964) se centra en los departamentos de física. En lo que se refiere a la

ingeniería y la cooperación con la industria, las fuentes son abundantes: Carlson (1988), Layton(1971), Calvert (1967) Galambos (1983), Wise (1980) o Reich (1980) abordan el tema con diferentes enfoques y centros de interés. Rae (1955) se interesa por la formación y empleo de los ingenieros en gestión empresarial, mientras que Reynolds (1986) u Stine (1928) lo hacen por los primeros ingenieros químicos especializados a principios del siglo XX. También podemos encontrar una interesante comparativa con el caso francés en Kranakis (1989), que sirve para poner de relieve muchas especificidades del modelo norteamericano. Miller (1970) narra la historia de la financiación privada de las instituciones educativas por parte de mecenas norteamericanos. Sobre las leyes de patentes norteamericanas se puede consultar Vaughan (1956). Para ubicarse en el escenario sociopolítico general de los Estados Unidos de la “Progressive Era” recomendamos Koistinen (1997), cap.2 y Tuchman, B.W. (1966), cap.3.

A finales del siglo XIX decenas de empresas e instituciones estadounidenses emprendieron proyectos de investigación industrial y control de calidad, de forma más o menos consistente: Compañías químicas como DuPont, Dow o Kodak, acerías como Pennsylvania Railroad, Bethlehem o Carnegie Steel, mecánicas o eléctricas como Sperry, Edison o Bell, instituciones gubernamentales como la Navy o el National Bureau of Standards e incluso instituciones privadas o asociaciones profesionales como el Franklin Institute. A largo plazo, el resultado de tales actividades fue un conjunto de sistemas tecnológicos que reflejaban la estructura socioeconómica, los procesos de recompensa y los valores de la comunidad ingenieril, dando forma al mismo tiempo a las instituciones de educación técnica. Dicho de otro modo, la progresiva cientifización de la industria norteamericana resultó en uniformidades persistentes en la forma en la que los ingenieros de una determinada comunidad elegían, delineaban y resolvían

los problemas tecnológicos, condicionando así profundamente la estructura y el contenido del cuerpo de conocimientos que estos ingenieros producían. En definitiva: desde finales del siglo XIX surge un estilo tecnológico característicamente norteamericano.<sup>172</sup>

Al igual que en el caso alemán, entre 1870 y 1930 la profesión de ingeniero en Estados Unidos se transformó por completo. En este periodo en número de ingenieros que ejercían activamente la profesión en el país creció de 7.000 a 226.000, un incremento mayor del 3000%<sup>173</sup>. En 1880 existían tan sólo tres campos plenamente establecidos: civil, mecánica y minas. Las décadas siguientes vivieron la aparición de decenas de especialidades, desde la metalúrgica a la aeronáutica, pasando por la química. De la mano de este incremento surgió también un gran número de sociedades profesionales que determinaron los estándares de educación y praxis, estimulando a la vez la difusión de los nuevos conocimientos mediante publicaciones y congresos.

Este fenómeno se puede enmarcar en el proceso general por el cual el desarrollo industrial del periodo transformó muchas ocupaciones en profesiones. A medida que muchas empresas utilizaban sistemas tecnológicos cada vez más grandes y complejos, tales como redes eléctricas, cadenas de montaje y procesos químicos operando en continuo, se veían obligadas a emplear un número creciente de ingenieros para diseñar, supervisar y mantener dichos sistemas<sup>174</sup>. En poco tiempo el desarrollo tecnológico se convierte en la clave operativa de las empresas y los ingenieros van escalando posiciones en el organigrama, pasando a formar parte de las juntas directivas, tomando decisiones no ya sólo técnicas sino también estratégicas. Durante la primera mitad del siglo XX casi la mitad de los ingenieros educados en el

---

<sup>172</sup> Hughes (1971, 1985, 1989).

<sup>173</sup> Layton (1971), p.3.

<sup>174</sup> Ver Hughes (1985) o Hounshell (1984).

MIT acabaron como profesionales de gestión o negocios.<sup>175</sup> Por lo general sus métodos y mentalidad resultaron tan exitosos aplicados a la gestión como lo habían sido con los sistemas tecnológicos. Los ingenieros fueron creciendo en status social y económico, de modo que hacia principios de siglo, en Estados Unidos, eran generalmente contemplados como los creadores de una civilización más rica y racional. No resultaba raro que muchos sociólogos populares, tales como Thorstein Veblen, los contemplaran como los líderes naturales del futuro<sup>176</sup>.

Por supuesto, la educación en ingeniería estaba íntimamente involucrada en esta transformación de la profesión. Las escuelas de ingeniería proliferaron y prosperaron, especialmente en el noreste del país. En 1880 tan sólo 226 estudiantes se graduaron como ingenieros en Estados Unidos. En 1930 la cifra era de 11.000<sup>177</sup>. Antes de la década de 1890 la formación que se impartía en estas escuelas tendía a ser práctica y altamente específica, enfatizando el trabajo en el taller y la experiencia directa con maquinaria. A principios del nuevo siglo, sin embargo, los cursos se basaban cada vez más en la educación en física, matemáticas y laboratorios generales que proporcionaban al estudiante herramientas aplicables a una mayor variedad de problemas. Al mismo tiempo se comenzaron a impartir cursos de gestión que complementarían la formación científico-técnica del ingeniero.<sup>178</sup>

Para interpretar correctamente todo lo que sigue, no hay que olvidar que en Estados Unidos no se daba el desprecio por el trabajo manual que encontrábamos entre los mandarines académicos alemanes (a menudo incluso en las Technische Hochschule). Aquellos que viajaban a Norteamérica a principios del XX se sorprendían de la alta estima en que se tenía allí el taller

---

<sup>175</sup> Ver Rae, (1955).

<sup>176</sup> Veblen (1921).

<sup>177</sup> Layton (1971).

<sup>178</sup> Wilkinson (1965) y Smith (1987), cap. 2.

(workshop). Omer Buyse, un belga que visitó varias escuelas técnicas americanas en 1901, aseguraba no encontrar “resto alguno de prejuicios contra el trabajo manual, prejuicios tristemente imposibles de erradicar en Europa”<sup>179</sup>. De hecho, tal y como Calvert señala en su estudio *The Mechanical Engineer in America*,<sup>180</sup> líderes de la comunidad de ingenieros norteamericana tales como William Sellers o Frederick Winslow Taylor abogaban sin reservas por las prácticas manuales en un taller como parte integral de la educación de un ingeniero; ellos mismos habían recibido ese tipo de educación. Los americanos no sólo veían el trabajo manual como algo honorable, sino que pensaban que ayudaba a inculcar el sentido de la disciplina y la responsabilidad. Según este credo los estudiantes de West Point (a menudo considerada como la *Ecole Polytechnique* estadounidense) tenían que limpiar y montar sus armas, mantener los instrumentos e incluso fregar los cuarteles todos los días.<sup>181</sup>

Otro punto a tener en cuenta a priori son las grandes diferencias de mentalidad social respecto de Europa, en especial respecto de la Alemania imperial. En el mismo cuaderno de viaje notado arriba, Buyse escribe:

“America no conoce ni jerarquías sociales ni fetichismos en lo que al diploma se refiere; un hombre es juzgado allí de acuerdo con lo que es capaz de hacer. El trabajo inteligente y práctico se sitúa por encima de las habilidades intelectuales y el ingeniero es, sobre todo, un trabajador”<sup>182</sup>.

Esto no quiere decir, por supuesto, que la estadounidense fuera una sociedad socioeconómicamente igualitaria, pero sí implica que, en

---

<sup>179</sup> Buyse (1908).

<sup>180</sup> Calvert (1967).

<sup>181</sup> Smith (1987), cap. 1.

<sup>182</sup> Buyse (1908), p. 658.

comparación con la alemana, la comunidad de ingenieros norteamericana estaba caracterizada por un alto grado de movilidad social y ocupacional. Las credenciales académicas no estaban tan rígidamente ligadas al status profesional, hecho que se extendía incluso a los cuerpos públicos de ingenieros (el *US Army Corps of Engineers* y el *Naval Engineers Corps*, o el *Bureau of Mines*, por ejemplo).<sup>183</sup> De hecho, no parecían existir distinciones sociales u ocupacionales rígidas entre los ingenieros del gobierno o del sector privado; al contrario, los individuos se movían con cierta libertad entre ambos sectores<sup>184</sup>. Ejemplo de la poca importancia que las credenciales académicas tenían para triunfar como ingeniero aún en torno al cambio de siglo son nombres tan ilustres como Thomas Edison, Elmer Sperry, William Sellers, James Westinghouse, Henry Ford, los hermanos Wright...<sup>185</sup> Y es que el sistema de recompensa entre los ingenieros estadounidenses era radicalmente diferente al francés, con su estatalizado modelo de *Ecole Polytechnique*, y también sustancialmente diferente al alemán, con su escasa movilidad profesional. La principal preocupación de un ingeniero americano era conseguir el éxito material en sentido estricto, es decir, la creación de artefactos exitosos en el sentido comercial directo. Inicialmente, el conocimiento teórico era considerado importante sólo en tanto en cuanto resultara esencial para alcanzar este fin práctico. Más tarde, a medida que los sistemas industriales y tecnológicos se hacían más grandes y complejos, a medida que el conocimiento científico y tecnológico se hacía indispensable para mantener una posición de liderazgo en el mercado, se fue perdiendo este germen emprendedor, mas la mentalidad práctica y el gusto por el taller siguieron siendo características distintivas del científico industrial americano hasta muy avanzado el siglo XX, según concluye Hughes en su magnífico

---

<sup>183</sup> Smith (1987), cap. 2

<sup>184</sup> Kranakis (1989), p.21.

<sup>185</sup> Hughes (1971 y 1989) y Hounshell (1984). También Aitken (1976).

estudio del tema, *American genesis* (1989). De acuerdo con ello, la investigación experimental mantuvo en Estados Unidos el carácter exploratorio durante más tiempo, es decir, se dirigía más hacia la identificación y estudio de variables relevantes para un problema dado y en general no quedaba confinada de antemano a un marco teórico especificado de manera estrecha. Esta actitud propiciaba quizás los intentos de lidiar con el complejo comportamiento de los sistemas tecnológicos tal y como estos funcionaban en el mundo real, que para el ingeniero estadounidense era sinónimo del mercado. Sin ninguna duda, este entorno propiciaba la búsqueda de patentes más que de publicaciones, acercando los campos de la literatura académica y técnica.

En cuanto al efecto de las patentes, al igual que en el caso alemán la ley (en este caso de 1836, con una reforma y modernización en 1870) permitió a las empresas controlar gradualmente el propio proceso de invención. Las compañías fueron suplantando gradualmente a los inventores individuales como propietarias de las patentes y su explotación a medida que el ingeniero pasaba a ser personal fijo de la empresa, intercambiando su ingenio por un sueldo seguro, transformando así el propio proceso de invención. Los trabajadores tenían acceso a laboratorios bien dotados, bibliotecas y asistencia técnica, pero la naturaleza de su trabajo había cambiado, era más especializada, controlada y dirigida. La corriente de pensamiento inventivo quedaba canalizada por contrato. Al igual que en la química alemana, en las eléctricas norteamericanas comenzó a predominar la cadena de montaje de inventos que seguía las directrices de abogados y directivos para poder adquirir patentes que ayudaran a dominar un área de mercado. A su vez, las empresas defendían sus nichos de mercado controlando las patentes mediante compras, fusiones, acuerdos o licencias, encontrando casi siempre la forma de soslayar las leyes antimonopolio mediante la *American Patent Law Association* (APLA, fundada en 1897) o



*National Research Council Committee on Patents* (NRCCP, presidido por Frederick Fish)<sup>186</sup>. Así actuaban, por ejemplo, las grandes compañías eléctricas: En 1875 se fundó la *Bell Patent Association* y en 1896 la *Board of Patent Control* conjunta Westinghouse-General Electric (GE). Las químicas no se quedaban atrás; aunque mucho menos innovadoras que sus competidoras alemanas, la reforma de la ley de patentes de 1870 especificaba una “patente de productos”, similar a la “patente de procesos” alemana, en la que podían basar el monopolio de sus áreas de mercado claves. El control de las patentes por medio de acuerdos entre las compañías iba inextricablemente unido del brazo de la investigación para una “ofensiva de patentes”. Desde principios del siglo la investigación industrial como base de la producción desempeñó un papel cada vez más importante en la adquisición de poder a la hora de negociar tales acuerdos. Aunque el principal objetivo de la investigación era encontrar soluciones a los problemas técnicos, otra de sus metas era “prever las tendencias de la invención y obtener patentes para mantener abierta la vía del progreso técnico y de la expansión empresarial.”<sup>187</sup>

Con el aumento de la demanda a causa de la Gran Guerra, estas industrias crecieron en volumen e influencia; sus departamentos de investigación y patentes crecieron proporcionalmente. La APLA y el NRCCP se convirtieron en grupos de presión para la modernización del sistema de patentes de acuerdo con las nuevas condiciones sociales e industriales vigentes. Sus objetivos principales eran estandarizar los procedimientos de tramitación y evaluación legal de la Patent Office, modernizar y agilizar la tramitación de las patentes, pero también adaptar el sistema a las necesidades de las grandes industrias, dotadas de departamentos jurídicos propios exclusivamente dedicados a la defensa de sus intereses. El nuevo comisario de

---

<sup>186</sup> Ver Noble (1977), cap. 6. Se puede encontrar una reproducción y análisis de la ley de patentes de 1870 en [www.scientificamerican.com/article/new-patent-law-of-1870](http://www.scientificamerican.com/article/new-patent-law-of-1870).

<sup>187</sup> Vaughan (1956), p.33.

patentes, Thomas Ewing, era un firme partidario de la reforma del sistema de patentes, para lo que organizó una Comisión de Economía y Eficiencia de la Oficina de Patentes. En 1917 fue nombrado también presidente de la Junta de Patentes de los departamentos de Guerra y Marina, organismo creado para fomentar los acuerdos entre industrias clave, concentrar las patentes fundamentales en el desarrollo tecnológico relacionado con la guerra. A instancias de Ewing el *National Research Council* (NRC) de Hale creó un comité de patentes encargado de preparar la legislación para la reforma del sistema de patentes; entre los miembros del comité se encontraban Millikan, Fish, Prindl (comité de patentes de la *American Chemical Society*, ACS) o Stratton (director del *National Bureau of Standards*, NBS). La confusa situación internacional de las patentes que trajo la posguerra (y que trataremos más abajo) hizo más urgente aún la reforma, finalmente aprobada en 1921-22. En 1925 la oficina ampliada se transfirió del Departamento de Interior al de Comercio donde, al igual que el NBStd, llegó a ser un importante organismo para la coordinación y eficiencia industrial bajo la dirección de su secretario (poco más tarde presidente del país) Herbert C. Hoover.<sup>188</sup>

Los historiadores han interpretado esta época de cambios en la profesión y educación como parte de la tendencia hacia la integración de la ciencia y la tecnología en la industria norteamericana. Se pueden distinguir dos tipos generales de interpretaciones en este sentido. En primer lugar, encontramos historiadores que, como David Noble, argumentan que una vez que las grandes empresas racionalizaran su actividad y organización internas, dirigieron su atención hacia el control y adaptación del entorno sociopolítico externo. Noble<sup>189</sup> sugiere que una nueva élite, el ingeniero-directivo, rediseñó el orden social, ahora dominado por las necesidades de las corporaciones

---

<sup>188</sup> Vaughan (1956).

<sup>189</sup> Noble (1977).

privadas y basado en el progreso regulado de la tecnociencia. Esta nueva élite alcanzó tal control mediante el uso intensivo del sistema de patentes, la financiación de universidades para investigación industrial y la racionalización del trabajo y la investigación internas de acuerdo con criterios “científicos” de gestión. Su éxito fue especialmente notable a la hora de transformar la educación en ingeniería. Siempre de acuerdo con Noble, mediante la creación de programas de prácticas en empresas, cursos cooperativos entre las universidades y las empresas, sociedades dedicadas a la estandarización de los criterios y contenidos educativos... Los ingenieros directivos se aseguraron un suministro dependiente de subordinados y potenciales sucesores. Los nuevos programas aseguraban que la jerarquía corporativa se alimentara de individuos técnicamente capaces, habituados a las exigencias específicas de la vida empresarial y preparados para asumir responsabilidades de gestión u organización. Esta perspectiva se fundamenta en dos supuestos: Primero, que la ciencia y la tecnología pueden ser y son, de hecho, rediseñadas conscientemente para servir a las necesidades del capitalismo corporativo. Segundo, que los procesos de transformación tienen lugar de forma continua y sin una conflictividad importante.

En contraste con la “tesis Noble”, que casi podríamos calificar de “teoría de la conspiración inconsciente”, otros historiadores han sugerido que la integración de la ciencia y la tecnología en las empresas norteamericanas estuvo lejos de ser un proceso tan racional y orquestado<sup>190</sup>. Según esta otra interpretación, la integración tuvo lugar de forma gradual, a medida que cambiaban o desaparecían objetivos, valores y culturas profesionales. Tanto dentro de las firmas como de las sociedades profesionales, varios grupos de ingenieros y científicos polemizaban a menudo no sólo sobre cuestiones técnicas sino también sobre cuál debía de ser su papel en la sociedad. George Wise y Leonard S. Reich observan, por ejemplo, que el choque de valores

---

<sup>190</sup> Ver Galambos (1983).

entre científicos y gestores fue la nota dominante en la creación de los laboratorios de investigación de General Electric y AT&T. Mientras que los científicos enfatizaban las ventajas a largo plazo de una investigación más libre, los ingenieros de dirección presionaban continuamente para que estos se concentraran en buscar productos y patentes que mejoraran rápidamente la posición de mercado de sus firmas<sup>191</sup>.

Más allá del marco de una empresa concreta, Terry S. Reynolds ha demostrado que los ingenieros químicos en general lucharon por crear un nicho disciplinar entre los campos de la química y la ingeniería mecánica que copaban la industria química a principios del XX<sup>192</sup>. De la misma forma, Calvert ha argumentado que la ingeniería mecánica tomó forma a partir de la lucha entre los viejos ingenieros de taller y los jóvenes graduados de universidades y escuelas técnicas<sup>193</sup>. Mientras que los primeros percibían su campo como un grupo de hombres hechos a si mismos y respetados por sus habilidades mecánicas y emprendedoras, los últimos querían definirlo en términos de un hombre medio que había recibido educación universitaria en ciencias y servía en el diseño, implementación, mejora o mantenimiento de procesos industriales. El establecimiento de un “estamento teórico” militaba en contra de las tradiciones existentes: trabajo y práctica en el taller, colaboración directa con los empleados, posibilidad de ascenso a la categoría de “ingeniero” mediante la experiencia laboral, desarrollo de modelos mediante prueba y error... Calvert plantea esta divergencia como una lucha de culturas. Este punto de vista ha sido extendido de un campo concreto a toda la ingeniería por Edwin T. Layton. En *The Revolt of Engineers*<sup>194</sup> Layton apunta que estos estaban atrapados entre la cultura empresarial de sus directivos y la

---

<sup>191</sup> Wise (1980) y Reich (1980).

<sup>192</sup> Reynolds (1986).

<sup>193</sup> Calvert (1967).

<sup>194</sup> Layton (1971).

científica de sus educadores y colegas, siendo esta una tensión esencial en la configuración de la ingeniería como profesión.

De todos estos estudios emerge una visión conflictiva de la integración de la ciencia y la tecnología en la empresa privada americana. Lo que parece claro es que los cambios se asentaron sólo a medida que diferentes grupos sintetizaban sus objetivos, valores y culturas.

Desde esta perspectiva estudia también Carlson la evolución de la educación en ingeniería mediante el caso del curso cooperativo entre el MIT y la GE organizado por Dugald C. Jackson a partir de 1907<sup>195</sup>. El primero en proponer este tipo de cursos fue el ingeniero de origen alemán Hermann Schneider en la universidad de Cincinnati, 1906. Entre otras ocupaciones, Jackson fue ingeniero jefe de la GE en Chicago, creador del segundo departamento de ingeniería eléctrica del país en la Universidad de Wisconsin, fundador de la *Society for promotion of Engineering Education* y Presidente del *American Institute of Electrical Engineers*. Con estas credenciales fue contratado por el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) con la misión expresa de rediseñar el organigrama de su departamento de ingeniería eléctrica. Sus primeros movimientos se dirigieron hacia el establecimiento interno de programas de investigación con financiación privada mediante un comité de asesores externos pertenecientes a las principales industrias eléctricas, programas de doctorado específicos para ingenieros y un grupo permanente de investigación en ingeniería eléctrica, que ya trabajaba para GE y AT&T en 1913. El encargado de formular el programa concreto de colaboración entre el MIT y GE fue el ingeniero eléctrico alemán Magnus Alexander, que había trabajado como diseñador tanto en Westinghouse como en GE; él dirigió el programa de formación de aprendices y supervisó los cursos técnicos para titulados en ciencias. En 1916 y con el apoyo de Westinghouse, GE, AT&T,

---

<sup>195</sup> Carlson (1988). Para una breve pero interesante biografía profesional de Jackson, ver Noble (1977), p.195.

DuPont y el National City bank de Nueva York, Alexander se convirtió en el primer director de la *National Industrial Conference Board*, coordinadora de las actividades de investigación industrial en el contexto de preparación para la entrada en guerra. Significativamente, la primera promoción de estudiantes que realizaron realmente sus prácticas de investigación en GE fue la de 1916, coincidiendo con el “boom” industrial de la Gran Guerra, aunque pronto tuvieron que abandonar la empresa para pasar a formar el *Student Army Training Corps* del MIT (un breve retraso en el programa, que se retomaría en 1919).

Las estrechas relaciones del MIT con los militares inmediatamente antes de la entrada de Estados Unidos en la Gran Guerra merecen una pequeña digresión. Richard MacLaurin, entonces presidente del MIT, dirigía la División de Formación Universitaria del *Committee on Education and Special Training* (Comité sobre educación y entrenamiento especiales, CEST) del Departamento de Guerra. En su anuncio de la creación del CEST el Secretario de Guerra Newton Baker explicó que su propósito era organizar y coordinar todos los recursos educativos del país en relación con las necesidades del ejército, representar al departamento de guerra en sus relaciones con las instituciones de enseñanza, así como desarrollar y estandarizar la política de escuelas y universidades en relación con la formación de utilidad militar.<sup>196</sup> En la práctica, esto se traducía en analizar la influencia de la educación en los métodos y planes de movilización industrial y suministrar oficiales preparados para los grandes retos de una movilización general. Los representantes del profesorado pidieron al Presidente Wilson que “tomara medidas tendentes a la inmediata y general movilización de las fuerzas educativas de la nación bajo una administración centralizada que coordinara e impulsara las actividades bélicas”, calificando de “industria

---

<sup>196</sup> Tobey (1971) y Dupree (1986), cap. XVI.

esencial” a la universidad en tiempos de guerra<sup>197</sup>. El MIT había sido la institución educativa pionera en establecer relaciones con los militares, contribuyendo significativamente al movimiento de “preparedness” durante los años previos a la guerra. Allí se creó el primer cuerpo universitario de oficiales de reserva cuando el Mayor Edwin T. Cole se convirtió en primer profesor de Ciencias Militares en 1911. Este tipo de colaboración se extendió a casi toda la red educativa superior norteamericana a partir de Abril de 1917, resultando de gran importancia para la política militar del país, tanto en el sentido de reclutamiento de personal capacitado como en el desarrollo tecnológico con fines militares. Significativamente, el entonces Vicesecretario de Marina Franklin D. Roosevelt fue el invitado de honor a la inauguración del nuevo campus en 1916<sup>198</sup>. En ese acto, MacLaurin declaraba:

“Se presenta ante nosotros la oportunidad de que esta país alcance y mantenga el liderazgo industrial de mundo, pero también otra oportunidad aún mayor si cabe. El centro intelectual del mundo se ha ido desplazando de Egipto y Babilona hacia Grecia y la Europa Occidental... ¿Estará a punto de cruzar el Atlántico? Si esto es así, el liderazgo intelectual debe estar de acuerdo con el genio práctico de nuestro pueblo... Debemos contar con una industria unida a la ciencia no sólo para el beneficio de la industria sino también para el de la ciencia. Por supuesto, nuestra ciencia americana nunca se desarrollará como debería si queda atenazada por una política corta de miras respecto de qué es útil. Pero si el valor de la ciencia para la industria es apreciado, si la ciencia se practica con la misma energía y poder intelectual que vemos en los negocios, no hay razón alguna para que América no se convierta en líder intelectual del mundo. He aquí una gran esperanza y una gran oportunidad nacional. Los retos que presenta no son locales y por lo tanto deben ser contemplados con una perspectiva no meramente local...

---

<sup>197</sup> Gruber (1968), p. 381.

<sup>198</sup> Prescott (1954), p.294, 304.

Todos los americanos y muy especialmente aquellos que han tenido la fortuna de recibir una educación superior deben luchar allí donde sea necesario... Sobre sus hombros descansa el deber de defender no sólo al país, sino también la causa de la preparación para la guerra (“cause of preparedness and readiness”) que será lo único capaz de prevenirla.”<sup>199</sup>

En el mismo acto Pierre DuPont, que había donado medio millón de dólares de la época para el nuevo campus mientras su empresa obtenía beneficios desorbitados mediante la venta de explosivos a los aliados, declaró:

“En América deberíamos estar también preparados para servir a la nación cuando sea necesario. Más aún, deberíamos empezar ahora mismo a aprender qué hacer y cómo debemos hacerlo. Deberíamos trazar planes para una movilización de la ingeniería más eficiente y enérgica de lo que el mundo haya visto antes... No es una idea nueva, la del servicio público de los ingenieros, pero queda muy enfatizada por las condiciones actuales... Los hombres del Tech están bien preparados para conducir este nuevo profesionalismo, más amplio y patriótico... Hago un llamamiento a la preparación (“to be prepared”) para alistarse en este nuevo servicio de forma que el Tech lidere la nación como inspiración principal de la preparación (“preparedness”) de la ingeniería.”<sup>200</sup>

Como vemos, el famoso papel tecnológico del MIT en la Segunda Guerra Mundial tenía raíces profundas y venía de antiguo. No en vano la *School of Chemical Engineering Practice* (Escuela de Ingeniería Química Práctica) del MIT abrió sus puertas en 1917, en pleno auge bélico de la industria química nacional.

Volviendo al curso de Jackson, este temprano caso de colaboración directa en educación entre la academia y la industria revela como las

---

<sup>199</sup> Citado en Prescott (1954), p. 311 y sigs.

<sup>200</sup> Citado en Prescott (1954), p. 322.



necesidades de la empresa fueron dando forma a y a la vez siendo modificadas por los valores e ideales de las escuelas técnicas, como si fuerzas de oferta y demanda se tratara. Sorprendentemente, los gestores del curso por parte de la GE no tuvieron demasiado éxito a la hora de aprovechar el curso del MIT para satisfacer sus propias necesidades directas de mano de obra en forma de ingenieros de rango medio (control y supervisión). Los gestores de GE, así como de otras empresas que se abastecían de ingenieros de las nuevas escuelas técnicas superiores y departamentos de ingeniería universitarios, tuvieron que negociar duramente con estos últimos, que tenían sus propias ideas acerca de cómo debía educarse un ingeniero. A cambio, la GE aprendió a integrar ciertas funciones de formación en la empresa para ganar en especialización y coordinación, pero también aprendió que era mejor financiar la investigación externa en otros campos demasiado arriesgados o costosos.<sup>201</sup>

Cabe notar también aquí que Jackson fue primero profesor y más tarde colega de Vannevar Bush, en cuyo ideario de gestión científica sin duda influyó, como podemos intuir a partir de esta cita de uno de sus artículos:

“La redención de este país depende del atemperado sentido de la justicia y claridad de pensamiento, expresados públicamente y apoyados por las acciones, de miles de hombres egresados de sus instituciones educativas superiores, especialmente aquellos educados en ciencias y cuya educación les designa para el liderazgo.”<sup>202</sup>

Además educarse en el MIT, Bush sirvió largo tiempo en el Instituto como profesor antes de convertirse en presidente de la Carnegie Institution,

---

<sup>201</sup> Carlson (1988).

<sup>202</sup> Jackson en *College men necessary to save Nation*, Boston American, March 7, 1920. Extracto de la nota biográfica de Jackson en el museo del MIT, Cambridge MSS. La traducción es nuestra.

primero, y director de la *Office of Scientific Research and Development* (Oficina Científica de Investigación y Desarrollo, OSRD) más tarde, ya durante la Segunda Guerra Mundial. Al término de ésta, su informe para el presidente Truman titulado “Ciencia: La frontera sin fin”, resultó crucial en la organización de la ciencia estadounidense para el periodo de la Guerra Fría. Podemos encontrar por tanto en el MIT las raíces de buena parte de las políticas científicas y tecnológicas de Estados Unidos al menos hasta el tercer cuarto del siglo XX.<sup>203</sup>

Jackson pensaba que los ingenieros debían mejorar las empresas desde dentro, no simplemente aceptando el status de la América corporativa sino convirtiéndose en líderes de la industria para mejorar su eficiencia y capacidad de innovación. Reestructurando el currículum, animando la investigación interna y estableciendo programas de colaboración con la industria Jackson funcionó como un emprendedor académico, creador de una firme base institucional. A mediados de los años veinte el departamento de Jackson era sin duda el mayor y más prestigioso departamento de ingeniería eléctrica de Estados Unidos. Un impresionante número de sus titulados ocupaban destacados puestos industriales; ejemplo de ello son Frank Pickernell (ingeniero jefe de AT&T), Calvin Rice (Ingeniero directivo GE), William Coolidge (director del GE Laboratory – Shenechtady), Gerard Swope (presidente GE) o Alfred P. Sloan (presidente GM).<sup>204</sup>

El M.I.T. resulta interesante como caso típicamente norteamericano de una institución privada que sienta las bases de la investigación nacional en determinados campos y se convierte así en referente tecnocientífico, tanto para las empresas privadas como para el gobierno federal. Tras la experiencia de la Gran Guerra, la conveniencia de esta colaboración institucional era una

---

<sup>203</sup> Ver Prescott (1954), p. 293 o Zachary (1999). Para la época más tardía de la biografía de Bush, Reingold (1987). Para el informe “Ciencia: La frontera sin fin”, Bush (1945).

<sup>204</sup> Carlson (1988).

cuestión cerrada; la peculiar paz de entreguerras no haría sino enfatizar la lección. El crecimiento y proliferación de escuelas de ingeniería que seguían este modelo creó un material humano capaz de difundir una investigación más teórica e hibridarla con las profundas raíces prácticas de la ingeniería norteamericana. El modelo americano temprano de investigación fundamentalmente empírica había podido conducir a un desarrollo tecnológico y económico más rápido a corto plazo; a largo plazo, sin embargo, tendrían ventaja aquellas naciones capaces de propiciar y hacer interaccionar ambas aproximaciones simultáneamente.

Hasta 1854 no se tituló el primer ingeniero en Harvard; en 1892 sólo habían salido 155.<sup>205</sup> La renuencia de esta universidad a proporcionar una educación técnica adaptada a las necesidades de la industria fue, sin duda, un importante factor que contribuyó a la fundación del MIT en 1861. Ya en el cambio de siglo, este centro de formación de ingenieros había comenzado a desafiar a Harvard como centro de cría de la élite dirigente en la América industrial; en la década de 1920 los directores ejecutivos de General Motors, General Electric, DuPont y Goodyear (cuatro de las mayores compañías del mundo) habían sido compañeros veinticinco años antes en el MIT. El propósito del Instituto venía claramente enunciado por el lema que presidía la entrada: *Mens et manus*. Cuando abrió sus puertas a los primeros estudiantes en 1865, el MIT ya contaba con un curso específico de química industrial a cargo del Profesor Francis H. Storer y otro de metalurgia a cargo de Charles W. Elliot<sup>206</sup>. Poco después, en un movimiento que dejaba clara la orientación de la Escuela, fue contratado como profesor de química orgánica Cyrus M. Warren, uno de los pioneros en el aprovechamiento industrial del alquitrán de

---

<sup>205</sup> Noble (1977), p.56.

<sup>206</sup> Como se ha referido más arriba, se pueden consultar Goodwin (1933) y Prescott (1954) acerca de los primeros años de existencia del MIT. También se puede encontrar información valiosa y bien seleccionada, aunque algo dispersa, de la historia de esta institución a lo largo de Noble (1977).

carbón. Ya en 1871 llegó James Mason Crafts (cuyo nombre aparece aún en todos los textos de química orgánica), quien introdujo los libros de texto alemanes para el estudio de la química orgánica y las prácticas de laboratorio al estilo Liebig, iniciando así lo que sería una larga y fructífera relación e influencia mutuas entre instituciones punteras alemanas y norteamericanas.<sup>207</sup>

En 1888 el profesor Lewis M. Norton fundó el curso de ingeniería química, primero en el mundo específicamente dedicado a tal especialidad (cabría discutir por tanto si puede ser considerado fundador de la especialidad misma). Los primeros titulados en Ingeniería Química salieron del MIT en 1891 (siete graduados).<sup>208</sup> El gran químico industrial alemán, Georg Lunge, visitó el MIT ese mismo año con el fin de informarse del currículum y equipamiento instrumental del grado, en una época en la que –como hemos visto– Alemania estaba también asentando el modelo de formación de sus futuros ingenieros. En 1908 llegó el laboratorio permanente para la investigación en química aplicada a cargo de William Walker. Walker compartía la visión de la ciencia que tenían sus colegas de los laboratorios industriales:

“...los científicos están empezando a darse cuenta de que el destino supremo de la ciencia no es acumular verdades de la naturaleza... Está desapareciendo rápidamente la distinción entre los términos ciencia pura y ciencia aplicada.”<sup>209</sup>

Al mismo tiempo, en Alemania, Göttingen había sido, desde mediados del XIX, una excepción entre las universidades alemanas en cuanto al aprecio por la ciencia aplicada. En torno al cambio de siglo, nuevos institutos de investigación dedicados a física y matemática aplicadas, mecánica, electrotecnología o geofísica se inauguraban en su campus. Todos ellos

---

<sup>207</sup> Trommler, Shore (2001), cap.6.

<sup>208</sup> Walker (1920).

<sup>209</sup> Walker (1911), p.14.

guardaban una estrecha relación con la facultad de matemáticas: No en vano en la fundación de estos institutos había representado un papel protagonista la *Göttinger Vereinigung zur Förderung der Angewandten Physik* (“Unión para el impulso de la física aplicada”) orquestada por Felix Klein, uno de los pocos matemáticos alemanes de entonces con una sincera apreciación por las aplicaciones de su ciencia. Esta asociación, fundada en 1898, fue el primer consorcio práctico de industriales y científicos académicos. Aunque idea de Klein, su existencia debía mucho a los esfuerzos de Henry Böttinger, director general de Bayer cuando Duisberg estaba aún plenamente dedicado a cuestiones técnicas. Bajo la dirección de Klein y Böttinger, y contando con el apoyo de Althoff, la *Göttinger Vereinigung* fue capaz de atraer a un gran número de firmas importantes como Krupp, Siemens o AEG. Aunque más tarde quedó ensombrecida por proyectos a mayor escala como la KWG, posee un gran significado histórico como una de las primeras organizaciones alemanas encargadas de canalizar el apoyo de la industria hacia proyectos de investigación tecnológica a nivel académico. Podemos encontrar, por tanto, un claro paralelismo entre el MIT y la Universidad de Göttingen como instituciones pioneras en la educación científica con vistas a las aplicaciones tecnológicas e industriales.<sup>210</sup>

Ya en 1916, con el “boom” de la industria química norteamericana durante la Gran Guerra y la prestación de Walker como director del servicio químico del ejército, la ingeniería química se independizó definitivamente del departamento de química, constituyendo una escuela por si misma, la *School of Chemical Engineering Practice*.<sup>211</sup> A cargo de Walker y Arthur D. Little, en sus aulas comenzó a impartirse una ingeniería química propiamente dicha, basada

---

<sup>210</sup> Sobre la Universidad de Göttingen y Felix Klein, consultar Rowe (1989) y Mumford, Series, Wright (2002).

<sup>211</sup> Walker (1920).

en el concepto de operaciones unitarias tal y como lo entendemos aún hoy en día. El nuevo programa contenía, además de los cursos de química e ingeniería, otros de administración de empresas o gestión de personal, más prácticas en empresas financiadas por Georg Eastman de Kodak. El objetivo era que químicos dotados de formación científica funcionaran como ingenieros capaces de incorporar automáticamente los imperativos del mercado a su trabajo técnico. Como explicaba Charles M.A. Stine, director químico de DuPont,

“la ingeniería química ha permitido al hombre de negocios y al inversor ver las reacciones químicas desde el punto de vista de la fabricación eficiente y económica de los productos, predecir con precisión los benéficos que cabe esperar de la aplicación de esta ciencia. El químico ve la reacción química. El ingeniero químico ve la reacción del bolsillo.”<sup>212</sup>

La escuela de Walker y Little se convirtió pronto en una cantera para la formación de la élite de químicos americanos que revolucionarían la química industrial tras la Primera Guerra Mundial. De estas aulas salieron los futuros directores generales de DuPont, Pierre, Coleman y Alfred DuPont (responsables de lanzar el gran programa de investigación y diversificación de posguerra en la empresa) así como Paul Litchfield, creador del laboratorio de investigación y desarrollo de Goodyear en 1908.<sup>213</sup>

Esta tendencia hacia la ingeniería científica fue mayor, desde luego, en las ramas más nuevas de la ingeniería, aquellas que acompañaron la emergencia de las industrias con base científica: La eléctrica y la química. En ambos campos se pasó de lo científico a lo técnico y no al revés, como venía sucediendo en Estados Unidos. No cabe duda de que este creciente énfasis científico aumentó extraordinariamente como consecuencia del estrecho lazo

---

<sup>212</sup> Stine (1928), p.45.

<sup>213</sup> Hounshell (1988).

existente entre las escuelas y las industrias más avanzadas, destacando especialmente la industria eléctrica<sup>214</sup>. Comenzaba a surgir la primera visión general y coherente de los sistemas tecnológicos contemporáneos. No en vano los cuatro hombres (desde Henry Pritchett hasta Samuel Stratton, antes primer director del *National Bureau of Standards*) que presidieron el MIT durante las tres primeras décadas del siglo XX fueron entusiastas de la cooperación con las industrias de base científica, fijando la pauta para el resto del siglo. El patronato del MIT estaba formado por hombres que compartían ese entusiasmo: Frederick Fish (presidente de AT&T), Eliu Thomson (cofundador por fusión de GE y presidente en funciones del MIT entre 1920-23), Pierre y Coleman DuPont (sobra la referencia), Georg Eastman (Kodak), Arthur D. Little (químico del MIT y fundador de la consultora que aún hoy lleva su nombre), Willis Whitney (químico del MIT y fundador del laboratorio de investigación de GE) o Frank Vanderlip (vicesecretario del tesoro en el segundo mandato de McKinley y más tarde presidente de National City Bank), entre otros.<sup>215</sup>

En torno a 1900 el MIT ya contaba con los siguientes laboratorios activos: mecánica aplicada, vapor, hidráulica, minería, metalurgia, materiales, química general, química industrial, química física, electricidad general, electricidad industrial, biología, higiene y asepsia, alcantarillado, física general, calor, medidas físicas, medidas físico-químicas, medidas electroquímicas, geología, mineralogía y geodesia, todos ellos con talleres de prácticas perfectamente equipados.<sup>216</sup> Como vemos, no causaba el menor rubor a los norteamericanos poner la mejora del alcantarillado al mismo nivel institucional que la física. Destacan por su carácter avanzado los diferentes

---

<sup>214</sup> En relación con la emergencia de la Industria Eléctrica Norteamericana se puede consultar Hughes (1989) o Aitken (1976).

<sup>215</sup> Prescott (1954).

<sup>216</sup> Noble (1977), cap.2

laboratorios exclusivamente dedicados al arte de la medida, en la línea del PTR alemán; no en vano el Instituto se había convertido ya en un destacado centro de servicio industrial.

Otro de los puntos interesantes respecto del MIT (y de las universidades norteamericanas en general) es el gran número de estudiantes que viajaron a Alemania para completar su formación. Casi 10.000 norteamericanos estudiaron en universidades alemanas en el periodo previo a la Primera Guerra Mundial, entre los cuales destacan algunos de los principales emprendedores de las reformas modernizadoras del periodo en los estudios superiores estadounidenses: Charles W. Elliot (Harvard), Daniel Coit Gilman (Johns Hopkins), G. Stanley May (Clark) o Andrew D. White (Cornell)<sup>217</sup>. De Alemania importaron el modelo de unidad entre enseñanza e investigación, como ilustra el caso de la universidad Johns Hopkins de Baltimore, que orgullosamente proclama su deuda con el modelo alemán en su carta fundacional de 1876<sup>218</sup>. De los cincuenta y tres profesores empleados por esa universidad en 1884, todos habían estudiado en Alemania y trece se habían doctorado allí. Para un graduado estadounidense en busca de un puesto académico en 1870, resultaba de gran valor un título alemán; en 1910, el título de una de las grandes universidades norteamericanas ya era igualmente valioso: Aunque la primacía de Alemania en la investigación académica seguía siendo incontestable, los Estados Unidos ya se habían dotado de una masa crítica de académicos, investigadores, bibliotecas y laboratorios capaz de sostener y alimentar de forma continua un gran linaje universitario.

Especialmente interesante para nuestro estudio es el caso de Henry P. Talbot quien, graduado de la primera promoción del MIT en 1865 y tras tres años en el Instituto como profesor asistente, marchó a Leipzig donde se

---

<sup>217</sup> Trommler, Shore (2001), pp. X (introducción) y 83.

<sup>218</sup> Trommler, Shore (2001), p. 84.



doctoró en el grupo de trabajo de Wilhelm Ostwald (recordemos, uno de los padres de la *Kaiser Wilhelm Gesellschaft*). Una vez terminado su *Doktorarbeit*, volvió al MIT trayendo consigo la nueva química- física alemana en forma de un curso específico impartido desde 1895, mucho antes de que tales conocimientos aparecieran en cualquier libro de texto. En 1901 fue nombrado director del Departamento de Química y en 1920 miembro permanente del comité administrativo. Químicos educados en Alemania llegaban rápidamente a posiciones de poder dentro las más influyentes instituciones científicas norteamericanas. Otro de estos químicos fue Arthur A. Noyes, conocido como el “decano de los químico-físicos norteamericanos”. Graduado por el MIT en 1886, se doctoró también en Leipzig para volver a Boston en 1891, donde ocupó diversos puestos tanto de profesor (química teórica desde 1899, director del primer laboratorio de investigación norteamericano en química-física desde 1903 y director de los tres primeros doctorados otorgados por el MIT en 1907) como de dirección (presidente en funciones entre 1907 y 1909). En 1920 salió del MIT para dirigir el Gates Chemistry Laboratory en Caltech, otra de las instituciones punteras y determinantes del desarrollo tecnológico norteamericano en el periodo de entreguerras.<sup>219</sup>

Como tendremos oportunidad de comprobar a lo largo de este trabajo, muchos de los químicos que sentaron las bases de la capacidad de investigación e innovación norteamericanas, tanto en el ámbito académico como en el industrial, ampliaron sus estudios en diversas universidades alemanas y conocieron de cerca el modelo de desarrollo que empleaban las pujantes industrias químicas de aquel país. No en vano, la internacionalización de la industria y el comercio empezaba ya a revelar los puntos fuertes y flacos de las diversas tradiciones nacionales de investigación, proporcionando así un incentivo para el aprendizaje, el intercambio de

---

<sup>219</sup> Goodwin (1933).

conocimiento y el cambio institucional. Dicho esto, no sorprenden las palabras de Henry Pritchett, que tanto recuerdan a aquellas esgrimidas por los promotores de la KWG en 1909:

“Es preciso que, en el mundo industrial, los alemanes teman no a ingleses o franceses, sino solamente a los americanos. Ha llegado el momento de que el ingeniero americano esté capacitado no sólo para la práctica más moderna sino también para poder realizar investigaciones y experimentos... Este es el primer intento de las escuelas técnicas del país de ofrecer un trabajo de investigación distinto del universitario, dedicado a los temas de ingeniería.”<sup>220</sup>

El desarrollo institucional culminante del periodo llega con la formulación del “Technology Plan” en 1920, bajo la presidencia de Mac Laurin. Administrado a través de la División de Cooperación e Investigación Industrial y bajo la dirección del químico William H. Walker, fue la vía a través de la cual se sistematizaron y coordinaron como política institucional los diversos proyectos de cooperación industrial del instituto.<sup>221</sup> La esencia del plan consistía en un contrato tipo facilitado por el MIT por el que la industria podía utilizar sus recursos a cambio de costes fijos, así como acceder a los archivos de personal y alumnos del MIT, sus currículum y la programación de entrevistas de empleo. Era el resultado lógico de más de veinte años de esfuerzos para lograr una cooperación industrial efectiva, reflejo de la mentalidad de sus creadores, y consecuencia de décadas de atender al ejemplo Alemán y compararse con él a través del envío de estudiantes y la asimilación de culturas científicas e institucionales. En la presentación pública del plan, Walker escribió:

---

<sup>220</sup> Henry Pritchett, citado en Wildes (1925), p. 4-6.

<sup>221</sup> Walker (1920).

“La estrecha cooperación entre los intereses industriales y las instituciones educativas del país que está resultando tan eficaz en Alemania gracias a la tutela estatal, se pueda conseguir en Estados Unidos mediante una relación voluntaria entre los ejecutivos de las compañías y el personal docente de las escuelas.”<sup>222</sup>

En poco tiempo más de 150 compañías (destacan GE, AT&T, US Steel, DuPont y US Rubber) habían firmado contratos con el instituto, sirviendo de modelo para proyectos de otras universidades y escuelas. Entre 1900 y 1930 el valor monetario de las propiedades del MIT pasó de 2,5 a casi 2000 millones de dólares.<sup>223</sup> Durante la Segunda Guerra Mundial y por mediación de Vannevar Bus, la división se reorganizó bajo la denominación *División of Sponsored Research* (División de Investigación Patrocinada), expandiéndose notablemente con el fin de administrar numerosos programas de investigación para el gobierno, el ejército y la industria. La realidad de la industria, el gobierno y las guerras americanas estaba ya inseparablemente ligada a la ciencia americana:

“En EEUU las relaciones entre los investigadores académicos y los que dirigen las plantas industriales no ha llegado todavía a una fase tan íntima y fructífera como la que ya existe en Alemania. Según nuestro plan actual, el progreso se encuentra en establecer unas relaciones tales que el investigador y el fabricante se comprendan y cooperen en el fomento de la ciencia y la industria... Los investigadores de una nación no son individuos aislados, sino un *ejército* organizado y cooperativo.”<sup>224</sup>

---

<sup>222</sup> Walker (1920), p.464.

<sup>223</sup> Noble (1977), p.204.

<sup>224</sup> H. Pritchett (1921), p.11. La cursiva es nuestra.

Surge así la cuestión de la influencia que pueda tener la cultura en ingeniería sobre el ritmo de desarrollo tecnológico y económico. Los factores que condicionan el ritmo de desarrollo son complejos e implican variables económicas y sociales que escapan completamente a las pretensiones de este trabajo. Sin embargo, cabe afirmar que, en principio, los factores sociales e institucionales que definen la cultura ingenieril de un país pueden afectar a dicho desarrollo. Existen dos razones interrelacionadas para ello. La primera es simplemente que diferentes culturas ingenieriles no han de conducir necesariamente al mismo tipo de desarrollo tecnológico. La segunda, que no existe una base objetiva para determinar *a priori* que tipo de cultura ingenieril constituye el ambiente óptimo para el desarrollo tecnológico de una sociedad determinada.

En conclusión, las decisiones sobre cómo organizar la educación técnica, cómo estructurar los currícula, como gestionar la práctica de la ingeniería a nivel nacional, etc., nunca se hicieron atendiendo tan sólo (ni tan siquiera preferentemente) a criterios económicos. Tales decisiones se tomaron condicionadas inevitablemente por criterios ideológicos, por realidades sociales, políticas y por el peso de la tradición y la historia, de modo que las meras condiciones de posibilidad de un sistema de desarrollo tecnológico no fueron resultado de un conjunto totalmente consciente y racional de opciones, tal y como defiende la “tesis Noble”<sup>225</sup>, suponiendo que tal cosa fuera siquiera posible.

---

<sup>225</sup> Noble (1977).

### ***National Bureau of Standards (NBS)***

En relación con la NBS, Pritchett (1902) y Rosa (1905), así como una temprana historia institucional de Weber (1925), son unas valiosas fuentes primarias. La historia del NBS recibe una atención preferente en las historias generales sobre Estándares de Reck (1952) y Perry (1955). Existe también un artículo específico sobre sus inicios: Briggs (1951). Por su parte, Dupree (1986) le dedica su capítulo XIV, enfocando la institución con una perspectiva más actual. Una vez más, es posible encontrar información valiosa y bien seleccionada, aunque dispersa, en Noble (1977). Para la implicación de la Oficina en la Primera Guerra Mundial, se puede consultar el documento primario *National Bureau of Standards* (ed.) o (1921). Otros estudios interesantes sobre el inicio de la fabricación industrial estandarizada y su relación con el suministro del ejército o la tecnología militar son Smith (1977) y (1987) capítulos 1 y 4, o Kaempffert (1941). Bush (2011) supone una interesante reflexión filosófica sobre el concepto de estándar y su repercusión sobre múltiples ámbitos de la realidad.

En la alianza entre la industria y la estandarización se esconden buena parte de las causas del dinamismo y productividad de la tecnología industrial. Son los trabajos de estandarización, desde el establecimiento de patrones de medida hasta el desarrollo de la producción industrial con partes intercambiables, los que permiten escalar de la invención a la producción en masa. Como ya vimos para el caso del PTR, el movimiento en pos de la estandarización, comenzando con los esfuerzos por sistematizar esa relación entre la ciencia y los patrones, se dio fundamentalmente en dos pasos. El primero de ellos fue la creación de grandes instituciones nacionales de

investigación dedicadas a mantener las técnicas de medida y control en consonancia con los últimos avances científicos. Entre estas instituciones destacaron el PTR alemán (1887), el *National Physical Laboratory* británico (1900) y el *National Bureau of Standards* (NBS) norteamericano (1901). El segundo paso se dio con el esfuerzo paralelo por introducir tales técnicas en la práctica industrial mediante asociaciones como la *British Standards Institution* (1901), la *American Standards Association* (1918) o, finalmente, la *International Organization for Standardization* (ISO).<sup>226</sup>

Centrándome ya en el caso Norteamericano, tanto el modelo del PTR como las acuciantes necesidades de la emergente industria eléctrica del país llevaron a varias asociaciones de científicos e ingenieros, coordinados por la Academia Nacional de Ciencias, a pedir al gobierno el establecimiento de un laboratorio nacional de estandarización. Uno de los científicos que más contribuyó a su establecimiento fue Henry Pritchett, director del *Coast and Geodetic Survey* desde 1897, presidente del MIT a partir de 1900 y presidente de la *Carnegie Foundation* a partir de 1905. Pritchett era uno de los astrónomos más destacados de Norteamérica y había desarrollado, en colaboración con el *US Geological Survey*, un instrumento para calcular longitudes que se utilizó en el establecimiento de los usos horarios del país; además, su observatorio facilitaba la hora exacta a los relojes de las estaciones ferroviarias a toda la mitad este. Como científico interesado por el avance de la ingeniería, la industria y la enseñanza, Pritchett se dio cuenta de que era fundamental establecer todo tipo de normas centralizadas, además de las horarias. Era partidario de la creación de un mecanismo centralizado de estandarización por razones tanto industriales como científicas, y pensaba que este era esencial para defender a la nación de la competencia industrial alemana la

---

<sup>226</sup> Perry(1955).

cual, con su PTR, tenía desde hacía tiempo un laboratorio físico nacional al que muchos industriales y científicos norteamericanos se veían obligados a recurrir en busca de medidas y calibrados precisos<sup>227</sup>. Al igual que Pritchett, numerosos industriales y científicos pensaban que esto colocaba a Estados Unidos en una clara situación de desventaja competitiva. América necesitaba su propio laboratorio de medidas.

En 1901 el Congreso autorizó la creación de tal organismo con la tarea de “desarrollar y mantener patrones de medida física, desarrollar técnicas de calibrado, determinar constantes físicas fundamentales y propiedades de los materiales de acuerdo con las necesidades científicas y los intereses industriales”<sup>228</sup>. Samuel W. Stratton, profesor de física en la Universidad de Chicago, sería su primer presidente. Más tarde, en 1923, se convertiría en presidente del MIT, dejando claras las estrechas relaciones existentes desde el principio entre ambas instituciones.<sup>229</sup> Pritchett convenció a Stratton para que dejara su puesto junto a Michelson en Chicago y presidiera una institución “capaz de realizar para el país la labor que está llevando a cabo el *Reichsanstalt* para Alemania”.<sup>230</sup> Al igual que él mismo, otros se valían del modelo alemán para reestructurar la enseñanza técnica en Estados Unidos. Pritchett y Stratton recurrieron al ejemplo alemán para crear un oficina de estandarización bien adaptada a la ciencia y la industria americanas. Su viejo amigo de la universidad de Chicago, Franck Vanderlip, era por entonces subsecretario del Tesoro, y colaboró sin duda en las necesarias conversaciones con el gobierno federal; en 1901 pasaría a ser vicepresidente del National City Bank, miembro del patronato del MIT.<sup>231</sup>

---

<sup>227</sup> Pritchett (1902) y Dupree (1986), XIV.

<sup>228</sup> Decreto de creación de la NBS, Citado en Reck (1952), p. 51.

<sup>229</sup> Prescott (1954).

<sup>230</sup> Pritchett (1923), p.199.

<sup>231</sup> Noble (1977), p.117.

La nueva Oficina absorbía la antigua de Pesos y Medidas que hasta entonces se había encargado de estas labores dentro del Departamento del Tesoro. Un presupuesto anual de 10.000\$ y la mera custodia de patrones físicos quedaban ya muy por debajo de las necesidades del gobierno y la industria, que exigía un amplio programa de investigación en el campo de la metrología. Laboratorios de este tipo nunca habían sido construidos en Estados Unidos y pocos instrumentos científicos se fabricaban en el país (precisamente una de las razones por las que una NBS era necesaria), por lo que Stratton y sus asistentes viajaron a Europa para visitar los homólogos británico y alemán, encargar instrumentos a los fabricantes y aprender acerca de la organización de estas instituciones.<sup>232</sup> La visita al PTR en Berlín les convenció de que unas instalaciones apropiadas eran la clave para llevar a cabo experimentos con medidas de precisión. Siguiendo este modelo, el lugar elegido sería la Conneticut Avenue, en lo que entonces eran las afueras de Washington, para evitar las vibraciones y perturbaciones eléctricas. La construcción del edificio fue costosa, sin emplear aleaciones ferrosas que produjeran perturbaciones magnéticas y contando con el primer sistema de climatización del país. Estados Unidos entraba así en la era de la estandarización, el salto de la fábrica particular que produce partes intercambiables (iniciado por Eli Whitney en las armerías del ejército a mediados del XIX<sup>233</sup>) a la homologación de sistemas tecnológicos e industriales completos.<sup>234</sup> El carácter del NBS reflejaba los cambios que estaban teniendo lugar en la ciencia y en la industria: Por supuesto, la Oficina ostentaba la custodia de los patrones básicos y la potestad de imponer nuevos, pero también estaba autorizada a iniciar nuevas investigaciones, lo que implicaba la decisión de que el Gobierno de los Estados Unidos podría

---

<sup>232</sup> Perry (1955), cap. 9 y Pritchett (1902).

<sup>233</sup> Ver Smith (1989), cap. 1

<sup>234</sup> Perspectiva que guía a Reck (1952).



invertir, desde aquel momento, en la investigación científica fundamental. El espíritu de la estandarización prometía, pues, unir la ciencia y el poder, prestando así la legitimidad de la verdad científica a la fuerza de la autoridad legal. Gracias a su política expansionista y a la rápida interpenetración de la ciencia y la tecnología en ese periodo, para 1917 la Oficina estaba ya firmemente establecida como vínculo directo entre la administración y la industria.<sup>235</sup>

Al igual que su homólogo alemán unos años antes, la tarea más acuciante a la que se enfrentaba el NBS tras su creación era el suministro de estándares y técnicas de calibrado para la industria eléctrica.

“A medida que una rama de la industria es más científica, es decir, a medida que utiliza plenamente el saber ordenado y escrito en lugar del empiricismo basado en la experiencia personal de individuos o grupos de individuos, es cada vez más consciente de la utilidad de métodos precisos y mediciones exactas”<sup>236</sup>,

explicaba años más tarde Dougald Jackson, director del departamento de ingeniería eléctrica del MIT. Acuciaba la necesidad de un fotómetro comercial para controlar las bombillas, y el laboratorio eléctrico del NBS desarrolló uno en cuestión de meses, en paralelo a la homologación de aparatos de medida de todo tipo de propiedades eléctricas. Estos artefactos se convirtieron en instrumentos de medida homologados, fabricados por empresas privadas pero calibrados por la Oficina, lo que condujo al desarrollo de métodos de control rápidos y estandarizados. Al igual que su homólogo alemán, el NBS se vio pronto inundado con el trabajo de control de calidad para la industria, que trazó el camino hacia los conceptos de calidad estándar, características estándares, especificaciones gubernamentales... Sin embargo, al

---

<sup>235</sup> Perry (1955), cap.12.

<sup>236</sup> Jackson (1935), pp.14-15.

contrario que la industria eléctrica europea, la norteamericana, dominada por unas pocas compañías grandes, llegó pronto a acuerdos sobre todo tipo de estándares de medidas, partes y equipos, facilitando la rápida extensión del sistema eléctrico por todo el país.<sup>237</sup> Ya antes de la fundación de la NBS, el *American Institute of Electrical Engineers* (AIEE, Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos) había establecido un comité de normas para coordinar la estandarización de las actividades de la industria eléctrica, constituyendo uno de los grupos de presión para que se incluyeran patrones de medida eléctricos y químicos en la Oficina de Pesos y Medidas. Todo este trabajo salió adelante gracias a la cooperación eficaz de los equipos de investigación dirigidos por Lamme y Skinner en Westinghouse y Steinmetz en GE, con el respaldo del prestigio del comité de normas del AIEE y la NBS. Un ejemplo de estos éxitos: Antes de 1900 la Navy tenía que calibrar sus instrumentos en el PTR alemán; una vez en marcha, el NBS no sólo contaba con un centro científico de primer nivel dónde realizar estas tareas, sino que podía además suministrar aparatos de calidad compatibles al mercado nacional.<sup>238</sup>

Una industria química menos desarrollada que la alemana propició que, a partir de 1904 y previa petición del comité de normas en la *American Chemical Society* (ACS, Sociedad Americana de Química), el NBS incluyera la química entre sus campos de trabajo, pasando a proporcionar estándares para la pureza de los reactivos, control de calidad y propiedades químicas de materiales, en especial los metalúrgicos.<sup>239</sup> De esta forma, la química pasaba a formar parte de las competencias de la Oficina, al contrario que en el caso alemán donde una industria con mayor capacidad de investigación promocionó sus propios laboratorios internos y, más tarde, gubernamentales

---

<sup>237</sup> Hughes (1985).

<sup>238</sup> Reck (1952), cap.22.

<sup>239</sup> Pardee (1951), p.309 y sigus.

en forma de KWG.<sup>240</sup> El primer químico jefe del NBStd fue William A. Noyes, hermano del profesor del MIT e internacionalmente famoso por su trabajo pionero en el desarrollo y sistematización de métodos y especificaciones analíticas. Por iniciativa de ingenieros químicos como Arthur D. Little y William H. Walker, tanto la División de Químicos Industriales de la ACS como el recién creado *American Institute of Chemical Engineers* (AICI, Instituto Americano de Ingenieros Químicos) crearon comités para establecer una terminología normalizada y fomentar el empleo de especificaciones y métodos analíticos uniformes diseñados por Noyes, Hildebrand y sus colegas del NBS.<sup>241</sup> La estandarización completa en este campo tuvo que esperar, sin embargo, a las concentraciones empresariales que tuvieron lugar después de la guerra. Sólo entonces y a medida que los graduados de la *School of Chemical Engineering Practice* del MIT se incorporaban a sus puestos, mediante la adopción general del concepto “operaciones unitarias” de Little como base de la práctica de la ingeniería química, se lograron grandes avances en la uniformidad de la industria química estadounidense.<sup>242</sup>

Cuando los norteamericanos empezaron a preparar sus recursos industriales para la Gran Guerra existía ya, pues, un creciente movimiento en pro de la estandarización; su participación en la contienda no haría sino estimularlo aún más. La entrada de Estados Unidos en la Primera Guerra Mundial precipitó una reorientación del programa de trabajo de la NBS.<sup>243</sup> La *War Industries Board* (WIB, Junta de Industrias de Guerra), organismo sancionado por el presidente Wilson para gestionar la producción, señaló la estandarización como estrategia básica de todo sus programas con el fin de

---

<sup>240</sup> Johnson (1990).

<sup>241</sup> Haynes (1954), vol.2

<sup>242</sup> Hall (1954), cap.V.

<sup>243</sup> National Bureau of Standards (NBS) (1921) y Perry (1955), cap.12.

ahorrar materias primas, incrementar la eficiencia de producción y facilitar el abastecimiento del ejército<sup>244</sup>. Limitar la variedad era crucial para una producción en masa, y no se podría haber conseguido sin el acuerdo con y entre las empresas, sin el establecimiento de patrones y especificaciones, sin la labor de los ingenieros reorientados hacia la administración. La figura más importante que se encontraba tras los esfuerzos realizados durante la guerra en pos de la estandarización fue probablemente Howard E. Coffin, presidente de la *Society of Automobile Engineers* (Sociedad de Ingenieros del Automóvil). Cuando el movimiento pro-preparación (“preparedness”) consiguió crear la *Naval Consulting Board* (NCB, Junta Consultiva Naval) en verano de 1915 gracias al esfuerzo conjunto de las sociedades de ingeniería, Coffin fue nombrado presidente del comité de producción, organización y estandarización<sup>245</sup>. Desde este puesto realizó un inventario nacional de fábricas, auténtico principio de la campaña de preparación industrial. Una vez establecido el *Council of National Defense* (CND, Consejo de Seguridad Nacional), Coffin prosiguió su tarea de coordinar la industria y estandarizar sus operaciones como presidente del comité de municiones y fabricación industrial. Cuando el Consejo fue reemplazado por la *War Industries Board* (WIB) a cargo de Bernard Baruch, Coffin fue el encargado de introducir la estandarización en la fabricación de materiales, maquinaria y piezas de recambio. Todos estos programas eliminaron en gran medida la duplicación de esfuerzos industriales durante la guerra.<sup>246</sup>

Estas eran medidas de emergencia, pero su aplicación cambiaría para siempre la forma de proceder de la industria, el abastecimiento y movilización de los ejércitos y la forma de entender la guerra.<sup>247</sup> La

---

<sup>244</sup> En relación con la organización económica e industrial de Estados Unidos durante la guerra, y específicamente con la historia de la WIB, ver Koistinen (1997).

<sup>245</sup> Koistinen (1997), caps. 6 y 7.

<sup>246</sup> Ver también Noble (1977), cap.6.

<sup>247</sup> Smith (1987), introducción y caps. 4 y 9.

estandarización es uno de los medios fundamentales de ejercer control; a nivel administrativo, mediante la imposición de normas de trabajo, planificación y procedimientos de contabilidad uniformes. A nivel de gestión de personal, mediante la uniformidad de la educación, las prácticas y la racionalización de tareas. Finalmente, a nivel técnico, el control se alcanza mediante el examen sistemático de productos y procesos. Examinar y estandarizar son así parte esencial de la empresa militar, y es por esta vía que los militares han ejercido tradicionalmente una mayor influencia a la hora de dar forma al sistema industrial americano, convirtiendo su sistema de abastecimiento en un complejo aparato tecnológico por sí mismo. Desde su papel como uno de los mayores clientes del sector industrial, el ejército comenzó a influir, a través de sus especificaciones, marcando objetivos de diseño y producción, en muchos procesos de innovación tecnológica. Al servicio del esfuerzo de guerra, el NBS ayudó a definir lo que serían prácticas tecnológicas estándar, generalizando y asentando definitivamente procedimientos que ya venían dándose en la industria química (DuPont y los explosivos) y metalúrgica (US Steel, Bethlehem, Carnegie y la Navy).<sup>248</sup> No sorprende, por tanto, encontrar maneras militares profundamente embebidas en contextos institucionales que enfatizan el comportamiento uniforme o la producción uniforme, siendo la uniformidad un principio guía de la política tecnológica militar. Los valores de esta política quedan reflejados en la forma que adopta la tecnología, el desarrollo industrial y la propia práctica de la ingeniería.<sup>249</sup>

En pleno crecimiento de las industrias de producción en masa, bajo el credo de que una innovación es exitosa sólo cuando ha llegado a convertirse en un estándar, pocos podrían haber predicho que la estandarización podría llegar a convertirse en un impedimento para la innovación a medida que una

---

<sup>248</sup> Reck (1952).

<sup>249</sup> Hacking (1998), cap.6.

larga serie de estándares interrelacionados y prácticamente universalizados hacían prohibitivo el coste y la complejidad de reemplazarlos por otros superiores. Por ejemplo, la decisión norteamericana de utilizar el motor *Liberty* estándar para todos los aviones fabricados en los Estados Unidos tenía como objetivo único producir la mayor cantidad posible de motores<sup>250</sup>. Estandarizar es la esencia de la producción en masa porque estandarizar implica simplificar; simplificar herramientas, formación, operaciones, mantenimiento, piezas... Sin embargo, el problema de producción de aviones exigía soluciones más complejas. Todos los aviones tenían que adaptar su diseño al motor estándar independientemente de las funciones que debieran cumplir; esto implicaba coartar el proceso óptimo de diseño del artefacto. En este caso, estandarizar y conseguir un producto superior eran fines mutuamente excluyentes. Los objetivos “más armas” y “mejores armas” suelen apuntar en sentido opuesto.<sup>251</sup> En la Primera Guerra Mundial el sentimiento de urgencia que provocaban las continuas demandas del frente provocó un énfasis anormal en la cantidad por encima de la calidad, obviando el hecho de que la utilización de aviones inferiores a los del enemigo era, de facto, suicida. Como resultado de ello, el programa aeronáutico norteamericano fracasó por completo; el cuerpo expedicionario tuvo que conformarse con utilizar aviones franceses, una humillación de la que tomarían buena nota de cara la siguiente guerra.<sup>252</sup> Un caso parecido se dio con el fracasado programa de Ford para la construcción de barcos cazasubmarinos “Eagle Boats”. El ensamblaje y puesta en servicio de naves militares resultó ser algo más complicada que la cadena de montaje del

---

<sup>250</sup> Holley (1953), cap.7

<sup>251</sup> Koistinen (1980).

<sup>252</sup> Holley (1953).

modelo T'<sup>253</sup>. La estandarización puede ser la cuna de la producción, pero convertirse también en la tumba del desarrollo.

Gran parte del personal del NBStd se vio directamente implicado en trabajos de interés militar específico y muchos científicos e ingenieros movilizados por el ejército fueron asignados a colaborar con ellos. En la introducción del informe oficial *War work of the Bureau of Standards* (Trabajo de Guerra de la NBS) podemos leer:

“Casi todo el tiempo y la energía del personal de la Oficina se dedicaron a problemas militares mientras duraron las hostilidades... con el resultado de beneficios permanentes no sólo para los departamentos militares, sino también para muchas industrias... Este fue uno de los beneficios prácticos resultantes de la guerra.”<sup>254</sup>

La guerra llevó, de algún modo, a los militares hasta los laboratorios y viceversa, a los científicos a trabajar para el ejército. Entre los principales logros del trabajo de guerra se puede contar el desarrollo de un proceso de producción en masa de cristal de alta calidad para los instrumentos ópticos del ejército; antes de la guerra Estados Unidos dependía completamente de Alemania para el suministro de este material crítico. Gracias al NBS, después de la guerra la industria óptica americana estaba en primera línea de producción mundial tanto en cantidad como en calidad. Destacan también los avances en espoletas de proximidad, radio (orígenes de los circuitos eléctricos miniaturizados, tubos de vacío, guiado de tráfico aéreo...), aleaciones ligeras para aviación, combustibles de alto índice octano, baterías, explosivos, caucho, película fotográfica, producción de Helio, indicadores de precisión para toda clase de industrias, mecanismos de sincronización, detectores de

---

<sup>253</sup> Smith (1987), cap. 4.

<sup>254</sup> NBS (1921), pp. 10-11. La traducción es nuestra.

posición por análisis de sonido para la artillería... El trabajo en muchos de estos campos continuó tras la guerra, convirtiendo el NBS en el principal asistente de muchas agencias del gobierno en sus necesidades de adaptar desarrollos tecnológicos a sus necesidades operativas (no en vano fue uno de los principales actores del Proyecto Manhattan ya en la Segunda Guerra Mundial).<sup>255</sup> La Guerra había provocado un cambio significativo en el modelo norteamericano de investigación científica, extendiendo la mentalidad de la industria eléctrica a muchos otros campos. Las nuevas industrias nacían ligadas a un laboratorio, y las antiguas lo instalaban para mejorar y aumentar su producción. Para 1930 dos tercios de la investigación practicada en el país estaba financiada por dinero privado<sup>256</sup>.

La Guerra añadió nuevos campos de trabajo a las competencias del NBS, lo dotó con nuevos laboratorios, más personal, programas de desarrollo y, quizá sobre todo, aliados poderosos. Si atendemos al referido informe institucional de 1921, las demandas de la guerra no consistieron tanto en armamento como en un desarrollo acelerado de la aeronáutica, comunicaciones, instrumentos y materiales, constituyendo un impulso fundamental para la industria tras el armisticio. Las innovaciones se pueden introducir en mitad de una guerra sólo si son pequeñas, o a escala experimental. La investigación en los años de entreguerras, sin embargo, cosecharía aquello que se había sembrado durante el conflicto.<sup>257</sup>

Gracias a la perspectiva ganada en este capítulo 1, se pueden distinguir tres fases en las relaciones entre las instituciones científico-tecnológicas alemanas y estadounidenses, condicionadas a su vez por las influencias entre ambas naciones. En la primera de estas fases el sistema universitario alemán,

---

<sup>255</sup> Reck (1952).

<sup>256</sup> Perry (1955), p176.

<sup>257</sup> Koistinen (1998).



de inspiración humboldtiana y capaz de integrar la investigación científica, fue un poderoso atractor de estudiantes norteamericanos. Según se ha visto, más de 9000 estadounidenses cursaron estudios superiores en Alemania durante ese periodo<sup>258</sup>, en el que a su vez surgían nuevos modelos de educación técnica en forma de *Technische Hochschule*.

En la segunda fase, muchos de estos estudiantes retornados a Norteamérica se encargaron de renovar completamente el sistema de educación superior en su propio país, seleccionando ideas propias del sistema alemán y adaptándolas a las peculiaridades socioeconómicas y culturales de los Estados Unidos. Fue en este periodo cuando se crearon universidades de inspiración humboldtiana como la Johns Hopkins, o se reformaron las viejas instituciones para ser capaces de incluir la investigación científica en sus programas. Fue también en ese momento cuando nació el MIT, adaptando al contexto industrial estadounidense el modelo de escuela técnica superior alemán. Me gustaría recalcar que el modelo alemán no se copió o transplantó a Estados Unidos, sino que se seleccionaron las ideas que resultaban más interesantes y se adaptaron a la mentalidad del nuevo mundo, netamente distinta de la alemana imperial: La movilidad social, la flexibilidad de prácticas y relaciones interinstitucionales, la financiación privada, la cultura material y práctica de la industria,... Son peculiaridades norteamericanas que aportaron un gran dinamismo al sistema educativo e investigador recién creado. De este modo, para la última década del siglo XIX Estados Unidos ya contaba con un sistema de instituciones científico-tecnológicas propio y muy capaz de generar por si mismo una élite de profesionales capaz de sostenerlo y acelerarlo sin necesidad de seguir recurriendo al exterior. La culminación de este periodo podría situarse en la creación, en 1901, de la NBS a partir del ejemplo que supuso el PTR: Esa élite científico-tecnológica estaba ya en Estados Unidos, al igual que en Alemania, en condiciones de percibir la necesidad de modelos

---

<sup>258</sup> Thwing (1928), p.42.

institucionales más avanzados, exclusivamente dedicados a la cooperación con la industria. Estaba también en condiciones de persuadir al gobierno federal de la necesidad de cooperar económica y legalmente para el establecimiento de este tipo de institución mixta, de enlace entre la ciencia y la industria.

La tercera fase, ya en el nuevo siglo, supuso una verdadera retroalimentación del proceso. A través de visitas como la de Fritz Haber en 1904, las élites científicas e industriales alemanas tomaron conciencia del espectacular desarrollo norteamericano. Reconocieron en los Estados Unidos una potencia tecnológica emergente análoga a la propia, y empezaron a preocuparse por la necesidad de mantener el pulso. La retórica de apoyo a la ciencia y la tecnología comenzó a impregnarse de un tono explícito de competencia internacional. En el proyecto de un *Chemische Reichsanstalt* (más tarde KWG) se reconoce con claridad un intento alemán por importar las claves del dinamismo norteamericano adaptando las ideas al peculiar contexto alemán, al igual que los estadounidenses habían hecho un cuarto de siglo antes. Independientemente de la retórica ideológica o pseudofilosófica de alabanza por el modelo alemán de *Kultur* y desprecio por los “comerciantes” anglosajones<sup>259</sup>, un sentido de competición con “la otra” nación avanzada arraigó entre las élites económicas y científicas alemanas. En retrospectiva, este sentimiento se convirtió en la base de una interesante narrativa sobre las diferentes rutas posibles hacia el estadio más avanzado de la nación contemporánea: La *Sonderweg* (vía particular) alemana, frente a la noción de un único modelo posible de modernización preferido por los estadounidenses, según el cual Alemania descarriló a mitad de camino.<sup>260</sup>

---

<sup>259</sup> Una síntesis especialmente popular de esta perspectiva de “Kultur” contra “Zivilisation” en Spengler (1918).

<sup>260</sup> Respecto a los distintos conceptos de “rutas de modernización” en ambas naciones es interesante consultar Trommler, Shore (2001) y Trommler, McVeigh (1985), vol.2. Para la relación de estas diferentes mentalidades con la guerra, Boemeke et.al. (1999), cap.2.

De este modo, en vísperas de la Gran Guerra, ambas naciones contaban ya con potentes y avanzados sistemas institucionales dedicados a la ciencia y la tecnología. En virtud de su secuencial inspiración mutua, ambos sistemas eran análogos. En virtud de su adaptación de las ideas del otro a la situación propia, ambos eran funcionales en sus respectivos contextos. Resulta patente, sin embargo, que las peculiaridades alemanas, tanto sociológicas como de la economía política del Reich, hacían que su sistema estuviera mejor encuadrado y organizado que el estadounidense, más consciente de sí mismo y de sus posibilidades de servicio a la nación en caso de emergencia. El modelo americano, limitado a la iniciativa privada, peor vertebrado que el alemán y con una menor conciencia de unidad, necesitaría de un último impulso ideológico para organizarse al servicio de la nación en armas. Como se verá en los capítulos 3 y 4, esta diferencia de organización y mentalidad resultó crucial para la diferente capacidad de respuesta de ambos sistemas científicos una vez iniciado el conflicto.

## 2 La Industrialización de la Ciencia.

Entiendo por “ciencia industrial” el trabajo en campos considerados científicos y desarrollado mediante fondos privados o en instalaciones industriales con el fin de crear o mejorar bienes destinados al mercado de consumo. Es posible afirmar que la ciencia industrial consiste en una propiedad intelectual consagrada a la generación de beneficios económicos, a la vez que establece una relación de trabajo con la ciencia estatal debido a las necesidades de la sociedad. La ciencia industrial se nutre de individuos formados en centros homologados por instituciones públicas, y persigue la concesión de subvenciones o incentivos por parte de los estados para generar riqueza. Se trata de una relación simbiótica en la que la ciencia, como otras áreas de la sociedad, se encuentra inmersa en un proceso de privatización. Se han podido ver ejemplos de los inicios de estos procesos en Alemania y Estados Unidos en los epígrafes precedentes.

La nueva ciencia industrial propició, a finales del siglo XIX, la aparición y crecimiento de unos nuevos actores económicos: las grandes industrias de base científica, que desarrollarán recursos de investigación propios, así como la capacidad de influir en las decisiones del estamento científico estatal. Además, la ciencia industrial constituyó, a partir de entonces, el ámbito laboral de la mayor parte de científicos formados en las instituciones académicas oficiales. Otro aspecto a considerar respecto al uso de la ciencia por parte de la industria privada sería el de la apropiación del prestigio social de aquella por parte de ésta. Junto al desarrollo de las infraestructuras de transporte, energéticas y de comunicaciones, la modificación de los mercados y los profundos cambios en la estructura social, la investigación con fines industriales da paso a un panorama de nuevas

situaciones epistémicas: Un nuevo sistema de crear, desarrollar y transmitir la ciencia. La ciencia industrial se orienta al mercado y, en esta reorientación, topará con una clase científica y académica anterior, cuyos mecanismos incorporará cuando le resulten convenientes. Pero mientras que en muchos países la nueva ciencia industrial nace aislada de los científicos empleados por instituciones públicas o académicas, es característico de los casos alemán y estadounidense la temprana (casi genética) colaboración entre ambos hemisferios de la investigación (con un ligero retraso en el caso estadounidense respecto del alemán).

La *Big Science* es la consecuencia histórica de la ciencia industrial y su evolución a partir de finales del siglo XIX, pues de ésta parte la experiencia en grandes proyectos de investigación y desarrollo antes de ser organizados por gobiernos estatales. Los requerimientos de producción a gran escala, unidos a la regularización del registro de patentes, provocaron cambios irreversibles en el sistema de producción de conocimiento. La necesidades energéticas y de infraestructuras provocaron una segunda ampliación de los recursos dedicados a la ciencia en la industria, esta vez mediante una imprescindible colaboración con el estado. La Segunda Guerra Mundial financiará los macroproyectos de investigación que configurarán el contexto sobre el que se documenta la idea de *Big Science*, pero como estamos viendo a lo largo de este trabajo, en realidad ésta había nacido unas décadas antes, en el umbral de la Primera Guerra Mundial.

Ya en 1909 Carl Duisberg, químico y directivo de la Bayer, describía así la sistematización de la invención que se había llevado a cabo en sus laboratorios:

“Una teoría científica dada se pone a prueba a propuesta del supervisor de laboratorio o del propio químico. La teoría nos dice que el producto debe presentar unas determinadas propiedades de tinción, pero eso importa menos que determinar si el nuevo tinte puede hacer algo nuevo... El químico

simplemente envía cada nueva síntesis al taller de tintado y espera el veredicto del supervisor. Ni una traza de genio inventivo: el inventor tan sólo ha seguido la rutina del camino prescrito por el método de la empresa.”<sup>261</sup>

Los científicos de la industria química alemana no eran ya sino pequeños nudos de una vasta red de investigación industrial.

## **2.1 Sozialstaat y Patentes en Alemania.**

“Era necesario ser los primeros en este campo... Por ello, nuestro procedimiento estándar al encontrar una reacción debía ser registrarla, con todas sus posibilidades teóricas, ese mismo día en la oficina de Berlín.”

C. Duisberg.<sup>262</sup>

Para el tema de la instauración de la seguridad social en la Alemania Imperial y la creación de sus institutos de salud se puede consultar Lenoir (1998) y Tuchman (1993). Las sucesivas leyes de patentes alemanas y sus efectos sobre la industria son analizadas por Heggen (1977), Streb, Baten, Yin (2006) y Gispén (1989). Para una historia institucional del Instituto Imperial de Patentes, Reichspatentamt (1927).

Considero necesaria la introducción de este epígrafe debido a la gran importancia que, como se acaba de ver en el caso norteamericano, tuvieron las leyes de patentes a la hora de inducir a las empresas a iniciar vías de

---

<sup>261</sup> Duisberg, C. (1933), vol. 2, p. 742.

<sup>262</sup> Citado en Murmann (2003), p. 134.

investigación científica propias, estableciendo laboratorios de investigación y talleres de desarrollo con el fin de aprovechar al máximo las posibilidades de la propiedad intelectual para hacerse con nuevos mercados en exclusiva. Además de este efecto estimulante para la industrialización de la ciencia, especialmente en el sector de los colorantes y medicamentos químicos, el hecho de que la legislación federal determinara en gran medida las posibilidades de innovación de las empresas ayudó a que los directores de las mismas tomaran conciencia de la importancia de sus relaciones con el estado, empezando a trabar así uno de los lados de esa relación triangular ciencia-industria-estado que ya se ha mencionado más arriba. Gracias a la paulatina profundización de esa relación tanto formal como personal, una vez iniciada la guerra hombres de la industria química, tales como Carl Duisberg de Bayer, representaron un papel protagonista en el diseño de las políticas científicas e industriales del gobierno alemán, como veremos más abajo. De forma análoga, la instauración de un embrionario estado social en la Alemania de Imperial requirió del concurso de diversas ramas de la ciencia, ayudando a establecer otro de los lados de esa relación triangular. Comenzaré analizando brevemente este caso como precursor de la toma de conciencia de la importancia que la ciencia habría de tener para el estado contemporáneo.

Como se ha descrito a lo largo de los apartados anteriores, en la Alemania Imperial las instituciones de investigación creadas al margen de la universidad revelaron una gran multiplicidad de relaciones de poder: en las disciplinas y entre ellas, entre los diversos ámbitos académicos y, como no, entre la ciencia, la industria y la política. En este ámbito, el establecimiento del *Sozialstaat* (antepasado de lo que después se llamaría “estado del bienestar”) tuvo una particular importancia en el proceso de extensión de la relevancia de la ciencia a toda la esfera social. Su puesta en marcha implicaba una creciente influencia de los expertos, especialmente médicos y sociólogos, en la administración y la política, y dejaba la puerta abierta a las presiones de

grupos interesados en las nuevas posibilidades de comercio con los organismos públicos.<sup>263</sup> Como ejemplo más representativo de ello encontramos la relación entre *Farbwerke Hoechst*, una empresa dedicada a la fabricación de tintes, y el laboratorio de investigación de Robert Koch en el Instituto de Salud Imperial, *Reichsgesundheitsamt*. El descubrimiento, en el laboratorio de Koch, de las primeras antitoxinas biológicas utilizando tintes de Hoechst ilustra cuan cercanos eran los lazos entre la producción industrial y los intereses científicos.<sup>264</sup> Este descubrimiento, junto con la crisis del mercado de tintes entre 1881 y 1885, estimuló la diversificación de la producción, llevando a Hoechst a invertir en investigación y desarrollo en el campo de la química farmacéutica. Inicialmente, la empresa estableció acuerdos con directores de laboratorios universitarios, financiando sus trabajos en campos de potencial interés para la firma. Sin embargo, en pocos años, la creciente complejidad de material e instalaciones que requería la investigación, así como el interés por las posibles patentes, llevó a empresas como Hoechst o Bayer a internalizar este tipo de actividades mediante laboratorios de investigación propios.<sup>265</sup>

Este tipo de desarrollo privado abrió nuevos espacios para la actividad de los químicos, lo que facilitó la transición de la universidad a la industria, y puso a los equipos directivos ante el problema de integrar a los científicos en el organigrama de sus empresas. Gradualmente se elaboraron técnicas para el control de los programas de investigación, poniendo a químicos (como Duisberg) al frente de los mismos e incluyendo en los contratos cláusulas que protegían el secreto industrial. La investigación se insertó en un complejo dispositivo de comunicación, supervisión e incentivos.<sup>266</sup> Ya a principios de

---

<sup>263</sup> Lenoir (1998).

<sup>264</sup> Sánchez Ron (2007), cap.4.

<sup>265</sup> Haber (1958).

<sup>266</sup> Lesch (2000), pp. 15 y sigus, 217 y sigus.



los 90 la habilidad para cooperar era considerada tan importante como la competencia científica. Las industrias no sólo aceptaron y reconocieron la importancia que tenía la investigación para su expansión. La creciente dependencia de un continuo flujo de invenciones les llevó a adaptar la ciencia a sus propios fines. La investigación realmente básica, no dirigida hacia productos de valor comercial, se dejaba totalmente en manos de las instituciones públicas. De ahí el interés en institutos como los KWG de cara a una innovación profunda y a largo plazo; la capacidad de los laboratorios privados se concentraba en un rango restringido de productos que pudieran cubrir campos convencionales, como el de los tintes, con gran intensidad.

El resultado fue una irreversible industrialización de la ciencia, que implicaba dos tipos de proceso: la investigación en laboratorios industriales fue ganando autonomía respecto de la ciencia académica y la innovación (o imitación de la innovación de otros) se fue reduciendo a labor rutinaria. Las compañías se convirtieron en almacenes de conocimiento, a menudo secreto, del que se nutrían sus químicos para realizar nuevos desarrollos. Estos mismos químicos eran sólo una pequeña parte de la organización; la investigación se convertía, por primera vez, en un producto industrial e impersonal. Además, insatisfecha con la educación en química que se impartía en las universidades, durante los años anteriores a la Gran Guerra la industria alemana presionó al gobierno para que éste forzara una reforma educativa enfocada a la mejora del entrenamiento en laboratorio y la estandarización de los currícula.<sup>267</sup>

Las experiencias de privatización del trabajo sobre sueros llevado a cabo por Emil Behring para Hoechst llevó al ministro Althoff a preocuparse por asegurar la expansión de la investigación básica y el desarrollo comercial con fondos públicos en este terreno. Como primer experimento de este programa

---

<sup>267</sup> Szöllosi-Janze (2005).

se estableció el *Frankfurt Institut für Serum Prüfung und Forschung* (Instituto de Frankfurt para la investigación y prueba de sueros), con Paul Ehrlich a la cabeza. El instituto se basaba en la cooperación entre el estado, la industria y la ciencia académica, y entre sus programas más ambiciosos se cuenta el de uso racional de drogas terapéuticas y síntesis de medicamentos basados en los descubrimientos de Ehrlich<sup>268</sup>. Poco antes el bioquímico alemán había descubierto la capacidad de ciertos tintes para bloquear la actividad tóxica de los tripanosomas. La *Georg Speyer Haus* que Ehrlich construyó con este fin era una institución interdisciplinar que definía problemas y trabajaba en sus soluciones mediante el intercambio de ideas entre médicos dedicados a la investigación y a la práctica clínica, biólogos de todas las subdisciplinas y químicos, tanto académicos como ligados a la industria sintética. Un alto porcentaje de los beneficios de las patentes así obtenidas se reinvertía en el instituto para cubrir gastos de mantenimiento e investigación. Las firmas Hoechst y Casella contribuyeron sustancialmente al presupuesto inicial y proveyeron a los laboratorios del instituto con materiales químicos. A cambio de ello, ambas firmas podían compartir la titularidad de las patentes conseguidas, y desde luego eran los primeros proveedores del sistema de salud público. Sin embargo, la decisión sobre los problemas que serían sujeto de investigación estaba exclusivamente en manos de Ehrlich y su equipo. Los resultados concretos, tales como la producción del Salvarsán (primera de las denominadas “balas mágicas”, efectivas contra la sífilis y otras infecciones), resultaron cruciales a la hora de extender la idea de que un instituto multidisciplinar que combinara la investigación básica con las necesidades industriales era fundamental de cara al progreso general del país. Debido tanto a estos éxitos como a su experiencia, Ehrlich sería elegido por Fischer,

---

<sup>268</sup> Para más detalles sobre la actividad de Ehrlich, los Institutos Imperiales de salud y su relación con Hoechst o Bayer, consultar Lenoir (1998).

von Harnack y Althoff para ocupar un puesto en el consejo principal que diseñaría los institutos asociados a la Sociedad Káiser Guillermo.<sup>269</sup>

La primera ley general de patentes alemana, que entró en vigor en 1877, supuso un importante estímulo para la investigación privada. A raíz de esta ley, la innovación en química industrial acabaría convirtiéndose en una cuestión de derechos de propiedad. La ley presentaba tres características clave al respecto: Primero, obligaba a publicar las aplicaciones de la patente, con lo que mantenía a todo el gremio al tanto del estado de la cuestión. Segundo, se podía aplicar a todo proceso industrial, con lo que se estimulaba la investigación y desarrollo de nuevos procesos por parte de las empresas. Tercero, pero no menos importante, la intensificación de la guerra legal entre compañías que trajo la nueva ley contribuyó a estrechar los lazos de éstas con los científicos académicos que eran requeridos como fuente de testimonio experto.<sup>270</sup>

Tras la aprobación de la ley del 77, la cantidad de patentes creció hasta unas 4.000 anuales durante los primeros años, y más tarde se mantuvo estable hasta finales de los 80. En 1891 el Reichstag aprobó algunas modificaciones sobre la ley general, lo que condujo a un nuevo boom como consecuencia de la protección especial para los productos químicos: La ley del 77 determinaba que las empresas químicas podían patentar los procesos pero no los productos que se conseguían mediante ellos, por lo que algunas empresas extranjeras fueron capaces de burlar la protección alemana fabricando los productos fuera, y vendiéndolos en Alemania. Para impedir tales abusos, y haciendo especial mención de los productos químicos, la nueva ley del 91 estipulaba que las patentes también protegían los productos novedosos

---

<sup>269</sup> Johnson (1990).

<sup>270</sup> Patentgesetz von 25 Mai 1877, Reichsgesetzblatt (1877), pp. 501-10.

obtenidos mediante los procesos patentados. Como consecuencia de ello, el número de patentes registradas en los campos tecnológicos de la química aumentó considerablemente. Otro factor que pudo influir en el número creciente de patentes a finales del XIX fue el hecho de que la ley reformada aumentaba la eficiencia de la oficina de patentes, al convertir a sus técnicos, que hasta entonces habían sido empleados a tiempo parcial, en funcionarios a tiempo completo. En 1900 el número de patentes registradas excedió, por primera vez, las 10.000.<sup>271</sup>

Más de un cuarto de las patentes de alto valor registradas durante este período provenían de la ingeniería eléctrica, la industria química y la instrumentación científica; sin embargo, el progreso tecnológico alemán no se limitaba a estos campos. Por la propia naturaleza de sus productos estas industrias eran más propensas a patentar sus innovaciones que, por ejemplo, la mecánica o la automovilística, que preferían intentar mantener sus desarrollos en secreto. Los autores citados distinguen tres oleadas diferentes de progreso tecnológico en función de las patentes registradas: la ferroviaria, la química y la eléctrica.<sup>272</sup>

La oleada ferroviaria estuvo dominada por patentes en las clases de máquinas de vapor, tendido ferroviario y metalurgia. Tradicionalmente, la industria ferroviaria se contempla como el sector clave de la primera industrialización alemana a mediados del XIX, pues incrementó la demanda de carbón y acero, permitiendo el desarrollo de la minería, la metalurgia y, de forma paralela, la ingeniería mecánica. De este modo, los ferrocarriles estimularon la actividad económica no sólo mediante la compraventa de bienes y servicios, sino también mediante el intercambio de conocimiento tecnológico, lo que condujo a un importante incremento en el número de

---

<sup>271</sup> Streb, Baten, Yin (2006).

<sup>272</sup> Gispén (1989), cap.10.

patentes registradas por las industrias del cluster ferroviario entre 1877 y 1886.

El ritmo de patentado de estas industrias se mantuvo constante hasta principios del nuevo siglo; mientras tanto, la denominada segunda revolución industrial se extendía rápidamente por Alemania. El meteórico crecimiento de la industria de tintes se vio favorecido, paradójicamente, por la ausencia de una ley de patentes antes de 1877, y por su existencia después. La ausencia de tal ley favoreció el establecimiento de multitud de firmas de tintes durante las décadas de 1860 y 70, mientras que en Estados Unidos o Gran Bretaña las patentes de los tintes existentes impedían tal expansión. El gran número de productores de tintes alemanes condujo a una competencia feroz, en la que sólo sobrevivían aquellas empresas capaces de recortar costes, mejorar la eficiencia de sus plantas e introducir novedades en el mercado. Tras la aprobación de la ley en 1877, los supervivientes de este proceso de selección abandonaron su tradicional estrategia de imitar los tintes extranjeros, invirtiendo buena parte de sus beneficios en dotarse de laboratorios industriales en los que, por vez primera en la historia económica, trabajadores de cuello blanco investigaban sistemáticamente, organizando la división del trabajo con el fin de encontrar científicamente nuevos productos de valor económico. Como resultado de ello, los productores de tintes alemanes aceleraron considerablemente la evolución de la tecnología de síntesis química y su escalado industrial, llegando a colorantes tan famosos como el rojo congo o el índigo.<sup>273</sup>

Esta incipiente industria química acertó también a la hora de dar forma a su entorno institucional, presionando hasta conseguir el cambio de la ley de patentes del 91 que hemos explicado más arriba. La nueva y

---

<sup>273</sup> Lesch (2000), pp. 217 y sigus.

sorprendentemente avanzada actitud hacia la innovación y el patentado de las firmas químicas alemanas se refleja en la siguiente frase de Duisberg:

“El 17 de marzo de 1885 registramos una patente para todos los colorantes basados en los enlaces tetraazo de los isómeros de la tolidina... Dadas las patentes ya existentes, era necesario ser los primeros en este campo; es posible que AGFA estuviera también sobre la pista de estas reacciones. Por ello, nuestro procedimiento estándar al encontrar una reacción debía ser registrarla, con todas sus posibilidades teóricas, ese mismo día en la oficina de Berlín.”<sup>274</sup>

El cambio fundamental en la estrategia de innovación condujo a una ola de patentes en el campo de los colorantes; cada año entre 1887 y 1896 esta categoría registró más patentes que ninguna otra. La invención de nuevos tintes sintéticos aceleró también el desarrollo de la ingeniería química, provocando un crecimiento colateral de las patentes relacionadas con reactores, conducciones,... Estos nuevos conocimientos fertilizaron también las industrias mecánica y textil, anunciando además un futuro inmediato de diversificación para la industria química, una vez que el campo de los tintes se hubiera agotado a finales de la década de 1890.

El factor más interesante de la oleada de patentes que vivió la ingeniería eléctrica entre 1903 y 1918 lo constituye el boom de los instrumentos científicos y de precisión, lo que encaja perfectamente con nuestras observaciones acerca del PTR y su colaboración con las industrias del sector.<sup>275</sup> Generalmente, el número de patentes en el campo de instrumentación científica necesario para inducir innovaciones en otros campos tecnológicos puede interpretarse como un excelente indicador del

---

<sup>274</sup> Citado en Murmann (2003), p. 134.

<sup>275</sup> Cahan (1989).

potencial innovador de una economía. A este respecto, el alto número de este tipo de patentes en torno al cambio de siglo indica que en este período la industria alemana estaba ya bien equipada para producir otra generación de innovaciones de alto valor.



Patente de la oficina imperial registrada por BASF en 1886.

En resumen, la mayoría de invenciones de las clases tecnológicas que soportaron patentes de larga duración fueron desarrolladas en lo que hoy llamaríamos laboratorios industriales de investigación y desarrollo. Según los datos manejados por Streb, Baten y Yin, en torno al 10% de las patentes industriales que implicaban proyectos de I+D alcanzaron un notable éxito comercial. A primera vista, la explosión de patentes de alto valor durante los años previos a la Gran Guerra podría interpretarse como una anomalía provocada por la inflación de posguerra, que hizo decrecer el valor relativo del mantenimiento de patentes. Sin embargo, el factor decisivo al respecto fue la política tecnológica del gobierno imperial, que decidió en 1915 eximir a las

patentes de los gastos de renovación, con el fin de privilegiar a las industrias clave en el esfuerzo de guerra.<sup>276</sup>

En cuanto a la política de patentes desarrollada en los organismos públicos de investigación, tomaré como ejemplo algunos de los institutos KWG, pues es en ellos donde, a través de sus relaciones con la industria química, hubo más tensiones entre el conocimiento secreto, el protegido y la tradicional libertad de investigación.<sup>277</sup> Habiendo implicado a los principales consorcios de la industria química y otras ramas de la industria pesada relacionadas con ella, Fischer y sus colegas debían satisfacer las expectativas de beneficios económicos a partir del trabajo desarrollado en sus institutos. Esto implicaba llegar a acuerdos en lo que a patentes y dirección de la investigación se refiere. A pesar de que el tema de las posibles patentes había sido deliberadamente omitido de los contratos entre la sociedad y los donantes con el fin de no dividir a estos últimos, el problema salió finalmente a la superficie a la hora de redactar los estatutos. Habiendo abandonado el modelo de Instituto Imperial, la sociedad no tenían porqué respetar la política oficial, que prohibía a los investigadores patentar los resultados de investigación llevados a cabo en instalaciones públicas. La KWG representaba un amplísimo rango de intereses, y no estaba claro como debían distribuirse los derechos del conocimiento desarrollado, si es que los gobiernos imperial y prusiano llegaban a permitir tales patentes. El primer consejo del Instituto de química fue incapaz de llegar a un acuerdo al respecto, dejando la cuestión en espera de que se produjeran casos concretos.

---

<sup>276</sup> Streb, Baten, Yin (2006).

<sup>277</sup> Johnson (1990).



El Instituto para el Carbón, dada su orientación técnica, despertaba aún más esperanzas de beneficios económicos que sus hermanos de Berlín.<sup>278</sup> En su propuesta inicial para el instituto, Fischer había subrayado que su íntima conexión con la industria no debía coartar la libertad de investigación ni del director ni los jefes de departamento, aunque todos ellos serían nombrados teniendo en cuenta sus buenas relaciones con la industria y su experiencia en ese campo. Finalmente, en un modelo que acabaron siguiendo en la práctica todos los institutos KWG, se permitió a los investigadores individuales patentar a su nombre las posibles innovaciones y venderlas a empresas concretas, pero ambos deberían donar un determinado porcentaje (nunca más del 30%) de los beneficios obtenidos a la sociedad. Fischer insistió en introducir cláusulas adicionales que impidieran la compra monopolística de patentes por una sola empresa, aunque en su propuesta dejaba claro que no permitirían la libre publicación de invenciones importantes que pudieran otorgar a las empresas alemanas ventajas sobre sus competidores internacionales.<sup>279</sup> Corría el año 1913. Si el instituto no traía grandes innovaciones, decía Fischer en su discurso inaugural<sup>280</sup>, los gastos se verían justificados por su mera labor como consejero científico de la industria de los combustibles, como centro de intercambio de ideas entre ingenieros y químicos, entre profesionales e investigadores. Fischer describía la tarea de este primer instituto para materiales específicos como un pionero encargado de abrir nuevos caminos, una definición casi idéntica a la que Werner von Siemens había utilizado casi una generación antes para expresar el objetivo de un Instituto Imperial del Física.<sup>281</sup> Como director del nuevo instituto del

---

<sup>278</sup> Rasch (1989).

<sup>279</sup> Moy (1989) y Lesch (2000), pp. 57 y sigus.

<sup>280</sup> Emil Fischer, *Die Aufgaben des Kaiser Wilhelm Instituts für Kohlenforschung*, Verwaltungsausschuss KWG, Adolf von Harnack papers, sec.IV, c.23, pp.1899-1903. Deutsche Staatsbibliothek, Berlin.

<sup>281</sup> Cahan (1989).

carbón, Franz Fischer (sin relación familiar) aceptó esta caracterización de su tarea, reconociendo al mismo tiempo que los nuevos caminos que podían abrirse en el campo de los combustibles estaban condicionados por esa industria y su ingeniería.<sup>282</sup>

Dado el casi inmediato estallido de la guerra, que trajo la orden oficial de liberalización de patentes, los ingresos que la KWG pudo obtener a través de las innovaciones de interés industrial obtenidas en sus laboratorios fueron prácticamente nulos. Incluso sin contar con los beneficios económicos, el trabajo de interés industrial directo llevado a cabo en los KWG durante los años siguientes fue escaso; las compañías tuvieron que seguir confiando en sus propios departamentos de cara a una innovación tecnológica efectiva. Sin embargo, la KWG cumplió con creces la tarea impuesta por Fischer: proporcionó consejo científico a la industria, abrió nuevas vías de investigación que encontrarían sus precipitados tecnológicos a medio y largo plazo y sobre todo sirvió intensamente, tanto de forma directa como en su labor de coordinar industrias vitales, a su país en el terrible reto que se avecinaba.<sup>283</sup>

---

<sup>282</sup> Rasch (1989).

<sup>283</sup> Johnson (1990), caps. 8 y 9.

## 2.2 Metalurgia y Marina: Embrión del complejo militar-industrial (MIC).

“Alemania es muy afortunada de poseer una compañía de la importancia  
y condición[Verfassung] de Krupp”

Fritz Krupp, 1901.<sup>284</sup>

“La capacidad industrial americana y las necesidades de los militares se  
convirtieron en sinónimos en las mentes tanto de los políticos como de los  
empresarios... Los primeros tentáculos del MIC ya estaban allí.”

Cooling (1979), p.109.

Al igual que el epígrafe anterior, éste representa un ejemplo introductorio a las incipientes relaciones que en este periodo se estaban trabando entre la ciencia, la industria y el estado en Alemania y Estados Unidos. La marina y la metalurgia asociada a su desarrollo desde los últimas décadas del siglo XIX son el ejemplo más temprano del establecimiento de este tipo de relaciones a gran escala con fines militares. La revolución tecnológica que supusieron el blindaje y los cañones pesados en los nuevos buques acorazados obligó a crear equipos de producción con una estructura

---

<sup>284</sup> Fritz Krupp, 1901, WA VIIIf, p.940, Historisches Archiv Krupp, Essen. La traducción es nuestra.

burocrática profesionalizada, compleja e interdependiente entre la comunidad industrial, el gobierno y el ejército. Constituirían por lo tanto un precedente y un ejemplo para otras áreas, como la industria química, cuando llegó la hora de movilizarlas para el servicio bélico. Son también un ejemplo paradigmático de cómo la necesidad de desarrollar sistemas tecnológicos de gran coste y complejidad obliga a alinear los esfuerzos y las mentalidades de los tres vértices (industria, gobierno civil y estamento militar) mucho antes del inicio de las hostilidades. Puesto que ni semejantes artefactos, ni su utilización práctica, se pueden improvisar en tiempos de guerra, es necesario un dilatado periodo de preparación de la misma, lo que a su vez implica que el ejército, el gobierno civil, la industria y la ciencia que la asiste cada vez más íntimamente vayan desarrollando intereses, objetivos y prácticas comunes. Estos procesos, genéticamente implicados en uno de los estandartes del orgullo nacional de aquel periodo como eran las marinas armadas, no pasaban en absoluto desapercibidos para los promotores de instituciones como la KWG (ya hemos podido comprobar su afinidad por las analogías bélicas en los discursos) o la NBS (en plena época del entusiasmo naval tras la guerra de Cuba). La armada era un componente paradigmático de la retórica nacionalista típica del cambio de siglo, y como tal ocupaba un lugar de relevancia en el imaginario colectivo del progreso, erigiéndose en ejemplar del nivel de desarrollo tecnológico de cada nación. Como tal, estaba también presente sin duda como ejemplar en la mente de unos rectores de la industria química que buscaba su lugar en ese discurso y su propia relación triangular con los poderes político y militar.

## Alemania

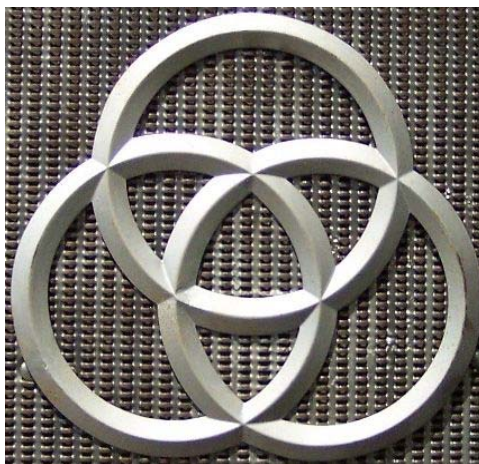
Existen tres obras exhaustivas y extensas sobre la historia general de Krupp: Van Klass (1954), Manchester (1968) y la más actual Gall (2000). Se complementan con las publicaciones de Epkenhans (2000), Owen (1978) y Weir(1992), centrados en las relaciones con la Marina Imperial Alemana. También con Pirenkemper (1984) y Feldenkirchen (1982), que atienden al papel en la industria metalúrgica del nuevo tipo de ingeniero que hemos analizado más arriba y a la historia industrial respectivamente. Resulta interesante la aportación de Brose (1985) sobre el impacto de los cambios en la química y la tecnología metalúrgica en el tercer cuarto del siglo XIX, así como el trabajo de Augustine-Pérez (1988) sobre la influencia de los grandes hombres de empresa en diferentes ámbitos de poder de la Alemania Imperial. Para el programa naval alemán como herramienta de la *Weltpolitik*, Rademacher, C. en Schaper (2004), pp.90-102.

En numerosos textos de historia general se puede leer que la familia Krupp fabricó los cañones necesarios para que Alemania librara dos guerras mundiales.<sup>285</sup> En lo que respecta a la primera, al menos, es un hecho que Krupp produjo la mayor parte de la artillería del Ejército Imperial Alemán, incluyendo los famosos cañones “Gran Berta” y “París”, así como los principales acorazados de la *Kriegsmarine*. Además de su indudable relación con la guerra, el desarrollo de esta factoría desde principios del siglo XIX resulta aquí interesante pues proporciona un modelo paradigmático de la industrialización Alemana y sus peculiaridades: Gran dependencia de la

---

<sup>285</sup> Ver, por ejemplo, Ficher, F. (1986), Tuchman, B. (2004) o Strachan (2004), este último más centrado en la historia estrictamente militar.

tecnología punta<sup>286</sup> y relaciones privilegiadas con los gobiernos prusiano e imperial, provocando la “junkerización” (ennoblecimiento) de la familia a partir de la guerra franco-prusiana.<sup>287</sup>



Los tres anillos que componen el logotipo de Krupp representan las *Radreifen*,  
ruedas ferroviarias patentadas por Alfred Krupp en 1851.

En 1811 y respondiendo a los requerimientos de los ejércitos napoleónicos, Friedrich Krupp (1787-1826), comerciante acaudalado de Essen, dio comienzo a la saga metalúrgica abriendo las puertas de una pequeña ferrería. Ya a mediados de siglo su hijo Alfred (1812-87), “el rey de los cañones”, invirtió fuertemente en nuevas tecnologías siderúrgicas (como el proceso Bessemer) con el fin de explotar el expansivo mercado de vías férreas y locomotoras.<sup>288</sup> En 1841 su invención de la cuchara de extrusión le permitió ampliar los hornos y comenzar a fabricar grandes lingotes de acero comparables a los que se venían haciendo en Inglaterra. La compañía comenzó a fabricar cañones en 1847; éstos causaron sensación en la gran exposición de ingeniería de 1851, año en el que otra invención exitosa, un

---

<sup>286</sup> Brose (1985).

<sup>287</sup> Augustine-Perez (1988).

<sup>288</sup> Brose (1985).

nuevo sistema de fabricación de ruedas de ferrocarril, proporcionó a Krupp los beneficios necesarios para emprender el diseño y producción de los nuevos cañones de recámara, que demostraron su gran superioridad en la guerra Franco-Prusiana.<sup>289</sup> La creciente demanda, así como las subvenciones del gobierno prusiano hicieron que Krupp se especializara cada vez más en la producción de armamentos, y ya a finales de los ochenta este mercado representaba un 50% del volumen de negocio. Sus 20.000 empleados y hasta 50.000 subcontratados la convertían en la mayor compañía industrial del mundo; además, Krupp sostenía un innovador programa de salud y pensiones para todos los trabajadores, que sirvió como experiencia de laboratorio para el posterior *Sozialstaat* (estado social) de Bismarck<sup>290</sup>. Políticamente conservador, Alfred proclamaba a menudo su deseo de un gobierno fuerte que hiciera frente a los movimientos socialistas; sus obreros vivían en colonias construidas a tal efecto, reclamaba de ellos juramentos de lealtad y expulsaba a aquellos que se implicaban en política o sindicatos.<sup>291</sup>

Tras la muerte de Alfred en 1887, su único hijo, Friedrich, se hace cargo de la empresa. De personalidad menos áspera que su padre, practicaba la filantropía, un lujo extraño entre los magnates del Ruhr. Su genio de industrial era también diferente al de sus austeros antepasados: cultivó intensamente la amistad con el Káiser Guillermo II y extendió los intereses de la compañía por buena parte del mundo, ampliando y diversificando continuamente su producción.<sup>292</sup> Bajo su gobierno se emprendió la fabricación de la ametralladora Maxim y los motores Diesel, así como el programa de submarinos para la Marina Imperial. Ejemplar de “lobby” industrial, patronazgo político por parte del emperador y explotación

---

<sup>289</sup> Manchester (1968).

<sup>290</sup> Pirenkemper (1984).

<sup>291</sup> Augustine-Pérez (1988).

<sup>292</sup> Gall (2000).

sistemática de los recursos financieros del Reich, Alfred Krupp ha sido descrito a menudo como la encarnación de lo que el imaginario popular llamó “comerciante de la muerte” (*merchant of death*)<sup>293</sup>, un industrial cuya fortuna derivaba del comercio de armas y al que, por lo tanto, se le podía suponer cierto interés en la creación de tensiones entre naciones que empujaran a una carrera armamentística (*warmonger*).



Caricatura del famoso libro de Engelbrecht y Hanighen, *Merchants of death* (1934).

Tras la temprana muerte de Fritz en 1902, su hija Berta heredó el imperio Krupp. La corte prusiana no veía con buenos ojos que una mujer dirigiera la industria de mayor peso estratégico del país, por lo que el propio Káiser arregló el matrimonio de Berta con Gustav von Bohlen und Halbach, diplomático de carrera y de familia noble, como sugiere su apellido. Como medida de gracia el Káiser permitió que Gustav adoptara el apellido Krupp, que pasaría así a su primogénito.<sup>294</sup> Gustav sería en encargado de dirigir la firma durante la Gran Guerra, concentrando la producción en la artillería una vez que los mercados internacionales quedaron bloqueados.<sup>295</sup>

Terminada la guerra, el tratado de Versalles obligaba a la compañía a cesar la producción de armamentos, condición que nunca llegó a cumplirse

---

<sup>293</sup> Engelbrecht, Hanighen (1934).

<sup>294</sup> Manchester (1968).

<sup>295</sup> Epkenhans (2000).



del todo a pesar de la ocupación francesa del Ruhr. En los años de Weimar, Krupp colaboró intensamente con el *Reichswehr* (Ejército Alemán) en la evasión del tratado, diseñando y fabricando a pequeña escala nuevas armas que tendrían su oportunidad tras 1933. Gustav Krupp ostenta el dudoso honor de ser el único alemán acusado de crímenes de guerra tras ambas guerras mundiales.<sup>296</sup>

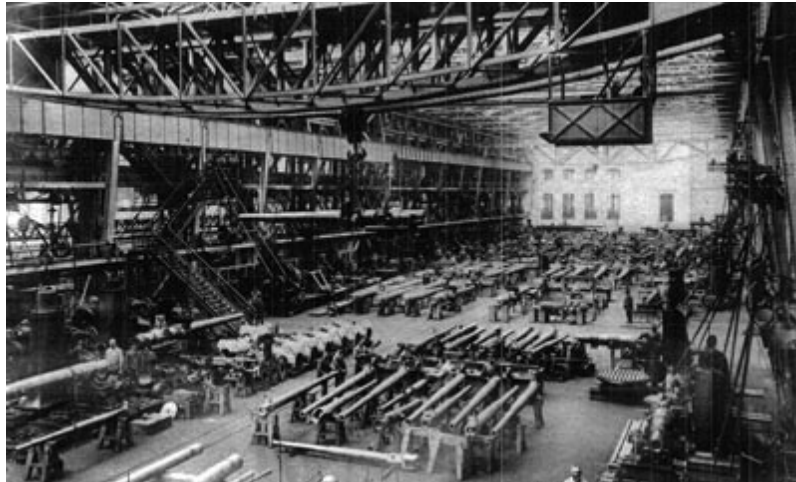
Para alcanzar a comprender la verdadera naturaleza de las relaciones entre la industria y el estamento militar, así como para explicarnos la posición de Krupp en esta larga, rentable y, a menudo, difícil relación, se hace necesario recordar el cambio estructural en la adquisición de armas que provocó la industrialización a los largo del siglo XIX, particularmente determinado por las decisiones políticas que se tomaron en Alemania a finales de éste siglo. Más tarde o más temprano las cúpulas militares de todos los países avanzados se dieron cuenta que un gran ejército ya no valía nada si no se apoyaba en una industria de armamentos moderna y fuerte. De acuerdo con esto, la demanda militar y la investigación industrial empezaron a ejercer gran influencia entre sí, desarrollando lo que hoy se conoce como complejo industrial-militar<sup>297</sup>. En Alemania la existencia de grandes arsenales del ejército y el requerimiento de inversiones cada vez mayores en equipo se combinaban con la existencia de un estricto control gubernamental (en gran medida en forma de las relaciones casi familiares que hemos descrito) y un ejército con gran peso en la política interior como único cliente. Sumados a los enormes problemas técnicos que implicaba la producción de armamento moderno, la concentración era la única opción de prosperar en negocio del

---

<sup>296</sup> Gall (2000).

<sup>297</sup> Koistinen (1980) y (1997). Ver también Cooling (1979) y (1981).

acero. Aparte de Krupp, menos de doce empresas privadas entraron en el negocio de fabricar armamentos en la Alemania Imperial.<sup>298</sup>



Factoría de cañones durante la Gran Guerra.

En lo que se refiere a las relaciones militares de Krupp, debo hacer una segunda observación: Aunque la industria alemana se expandió tras la unificación de 1871, las clases burguesas permanecieron, de algún modo, reacias a sincronizar su creciente influencia social y económica con su peso político. Mientras disfrutaban de libertad en el terreno económico, aceptaron la monarquía prusiana y las instituciones bismarckianas tal y como eran. En buena medida, la actitud de Krupp hacia el emperador y su gobierno reflejan la brecha entre elementos contemporáneos y arcaicos en la sociedad alemana anterior a 1918. Su carácter de empresarios y su casi medieval lealtad hacia el Káiser, a quien veían como el árbitro final del estado y la sociedad, a menudo encajaban hasta un grado sorprendente.<sup>299</sup>

---

<sup>298</sup> Gall (2000)

<sup>299</sup> Augustine-Pérez (1988).

El viraje de Alemania hacia la *Weltpolitik* (política mundial, frente a la más localista *Realpolitik* que había preconizado Bismarck), simbolizada por el nombramiento de Alfred von Tirpitz como secretario de marina y Bernhard von Bülow como ministro de exteriores en Junio de 1897, implicó en varios sentidos un giro decisivo para Krupp y otros fabricantes de armamentos.<sup>300</sup> La ambición de “un lugar al sol” entre los imperios coloniales implicaba revolucionar el sistema internacional, y para ello era necesario contar con una poderosa marina armada (*Kriegsmarine*) que pudiera respaldar tales ambiciones, mediante el método de la daga en la garganta si fuera necesario. Con el fin de llevar a término un programa de construcción tan ambicioso, Tirpitz debía colaborar con fabricantes privados que ofrecieran capital, tecnología y mano de obra especializada; los astilleros de la armada en Kiel, Wilhelmshaven y Danzig eran demasiado pequeños y estaban ya anticuados para afrontar la construcción de modernos *Dreadnoughts*. Con este marco general, parece inevitable que Krupp jugara un papel esencial en los esfuerzos de Tirpitz por hacer de Alemania un poder marítimo capaz de competir con Gran Bretaña.<sup>301</sup> Para entender la doctrina de “poder marítimo” de la época, que consideraba necesario el control de los mares para mantener el poder colonial y proteger el comercio, conviene consultar un libro muy influyente y difundido a principios del siglo XX: *The Influence of Sea Power upon History (La influencia del poder naval en la historia)*, del Almirante estadounidense Alfred Thayer Mahan (1890).<sup>302</sup> El ejemplar del Káiser Guillermo estaba muy subrayado y anotado, y era libro de cabecera obligatorio para todos los capitanes de la *Kriegsmarine*.<sup>303</sup> Las razones para que se desarrollara una estrecha relación entre Krupp y la Armada son obvias: Krupp era la mayor

---

<sup>300</sup> Fischer; F. (1967) y (1986).

<sup>301</sup> Weir (1992).

<sup>302</sup> Mahan (1890). Para la profunda influencia de Mahan en Estados Unidos, Cooling (1979), pp.161-3.

<sup>303</sup> Rademacher en Schaper (2004), p.98.

industria alemana, y una de las más modernas y eficientes. Con el fin de mantener su privilegiada posición en el mercado del acero, la firma de Essen invertía grandes sumas en investigación química-metalúrgica y desarrollo de tecnologías tanto civiles como militares, así como en la modernización y ampliación de sus instalaciones. Como resultado de todo ello, sus armas y el recientemente desarrollado blindaje de acero al níquel eran productos de primera calidad. En una era de rápida transición entre las formas de guerra tradicional e industrial, Krupp era capaz de proveer exactamente lo que Tirpitz necesitaba. Como parte de su programa de diversificación, Krupp había abierto unos astilleros en Kiel en 1896. Antes, Fritz Krupp había pedido permiso y consejo al Káiser en persona; su idea de la lealtad le exigía informar al emperador de decisiones empresariales con gran calado económico, cuidando al mismo tiempo sus relaciones con el gobierno. Gracias a una campaña que revela, ya en 1900, toda la complejidad estructural que entrañan los programas de armamentos de última tecnología, Krupp se convirtió en símbolo y garante del particular modelo capitalista alemán.<sup>304</sup>



Acorazado tipo *Dreadnought* en 1908.

Sin embargo, los pedidos de Tirpitz, que comprendían requerimientos técnicos, económicos y políticos, resultaban complicados de satisfacer

---

<sup>304</sup> Epkenhans (2000).

mediante un complejo, tedioso y lento proceso burocrático que ni el emperador ni el “lobby” de Essen podían evitar. Si a todo ello sumamos la falta de experiencia de la compañía en el campo de la construcción naval, nos podremos explicar las importantes pérdidas económicas sufridas durante los primeros años del proyecto. Hasta 1902 los riesgos de la diversificación se hicieron patentes incluso con la promesa de un importante programa naval en el horizonte. A partir de ese año la situación de los astilleros “Germania” comenzó a mejorar, y pronto se convirtieron en los diques más eficientes de Alemania, llegando a botar 220.000 Tm de cruceros, torpederos y submarinos para la *Kriegsmarine*. Krupp demostró una vez más su habilidad para innovar poniendo en funcionamiento el primer torpedero propulsado por turbinas y el primer submarino alemán, así como por sus avances en motores diesel navales.

A la hora de defender sus precios ante el emperador para ganar el favor del almirantazgo, los Krupp hacían énfasis en su tradición de cumplir con los requisitos del ejército y la armada mediante la abstinencia de formar cárteles armamentísticos nacionales, la inversión de grandes sumas en la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y el mantenimiento del secreto industrial frente a potencias extranjeras. A partir de 1901 Krupp empezó a notar seriamente la competencia de Rheinmetall-Thyssen; la firma de Dusseldorf demostraba también gran capacidad de innovación y eficiencia, especialmente en la construcción de armas ligeras y blindaje. Sin embargo, Thyssen tuvo que admitir que no podría cumplir con los requerimientos de la armada debido a la falta de experiencia y mano de obra cualificada en el campo del blindaje. Con el trasfondo de las tensas relaciones anglo-germanas y los costes crecientes del programa naval, un debate público acerca de los precios del blindaje habría debilitado a Tirpitz ante sus adversarios en el Reichstag y el ejército. Como resultado del rápido crecimiento de las dimensiones de los acorazados y la preponderancia de grandes cañones en la era “Dreadnought”,

aumentaba el impacto de los precios del blindaje en el programa de Tirpitz, que a pesar de no querer plantear la cuestión en público aprovechaba cualquier oportunidad de presionar los precios a la baja amenazando con buscar nuevos distribuidores<sup>305</sup>.

Fritz Krupp estaba convencido de que su firma trabajaba por el interés del país, de que

“Alemania es muy afortunada de poseer una compañía de la importancia y condición [Verfassung] de Krupp”<sup>306</sup>.

En recompensa por su contribución a la potencia militar del país, Fritz y su sucesor, Gustav, esperaban recibir un trato preferente por parte del gobierno para sus “fábricas de estado”, como se denominaban frecuente y significativamente: precios que correspondieran los riesgos financieros que tomaba por el interés de la nación. Excepto en algún caso aislado, el gobierno guillermino respondió favorablemente a esta demanda garantizando el apoyo político en las exportaciones y otorgando un trato preferente en lo que a pedidos y precios se refiere, si bien hay que subrayar que pocas empresas podían permitirse competir con Krupp a principios del siglo XX.<sup>307</sup>

En 1912 la factoría de Essen celebraba su centenario; las visitas de Tirpitz, Moltke y el propio Emperador confirmaban su status de “fábrica de estado”, demostrando que los responsables del destino de la nación la veían como un símbolo del progreso económico y tecnológico, parte integral de la defensa de Alemania.<sup>308</sup> En palabras de Tirpitz, “Krupp y la Armada se

---

<sup>305</sup> Owen (1978).

<sup>306</sup> Fritz Krupp, 1901, WA VIIIf, p.940, Historisches Archiv Krupp, Essen. La traducción es nuestra.

<sup>307</sup> Augustine-Pérez (1988).

<sup>308</sup> *Zur Hundertjahrfeier der Firma Krupp 1812–1912*, Krupp G. Allgemeine Archiv, Essen.

pertenecen históricamente”.<sup>309</sup> Este modelo de relación íntima entre una industria estratégica y el gobierno del Reich sentó un precedente fundamental y sirvió de modelo para la movilización de la industria química durante la Gran Guerra, como vemos en el epígrafe 3.2. Las ventas anuales ascendían ya a 430 millones de marcos (cinco veces más que en 1897) y sus sucursales empleaban a 71.300 trabajadores. En contraste con las tres últimas décadas del XIX, las ventas domésticas, entre las que ocupaban un lugar preferente el blindaje y la artillería navales, eran ahora mucho más importantes que las exportaciones de armamento. Por otro lado, los costes de establecimiento, mantenimiento y ampliación de las altamente especializadas fábricas de blindaje y artillería eran enormes; sólo entre 1901 y 1904 se gastaron, por ejemplo, más de 5 millones de marcos en investigación y desarrollo (casi un 10% de los beneficios de ese período).<sup>310</sup>

Krupp, como fenotipo alemán de empresa de alta tecnología relacionada con el armamento, es un ejemplo paradigmático del fundamental problema estructural que todos los gobiernos tuvieron que encarar ante la influencia creciente de la industria y la tecnología en la preparación de la guerra. Sólo desarrollando una estrecha relación con la industria privada eran estos gobiernos capaces de procurarse los armamentos necesarios para equipar al ejército o la armada. Debido a la especial cualificación y grandes capitales requeridos para la manufactura del armamento moderno, la peculiar naturaleza del producto y lo reducido del mercado, el número de posibles distribuidores era necesariamente muy limitado. Aunque en este tipo de relación el gobierno representaba al socio veterano, era tan sólo un socio por primera vez en la historia contemporánea. Una vez que el gobierno alemán

---

<sup>309</sup> Tirpitz a Gustav Krupp von Bohlen und Halbach, 5 de Octubre de 1913, citado en Owen (1978), p.82.

<sup>310</sup> Epkenhans (2000), pp. 361-363.

decidió expandir su armada, necesitaba de la fuerza de trabajo y el conocimiento tecnológico de Krupp. Más que cualquier otra empresa, la firma de Essen estaba dispuesta a colaborar con el Reich; por negocios, por supuesto, pero también por motivos patrióticos. No se puede alcanzar una comprensión equilibrada del comportamiento de muchas empresas alemanas antes y durante la Primera Guerra Mundial sin tener en cuenta este último aspecto. El Káiser veía a Krupp como parte del estado, pero Tirpitz tuvo que desplegar toda su habilidad gestora y burocrática a la hora de hacer tratos con ella. La misma dualidad, el mismo modelo de “modernización conservadora” que hemos podido observar en la fundación y financiación de la KWG. Las peculiaridades del negocio armamentístico, sin embargo, hicieron que en este caso Krupp y la Armada desarrollaran poco a poco una relación simbiótica basada en la necesidad, el compromiso y el respeto mutuos. Como gran empresa, Krupp se benefició enormemente de esta relación, pero un juicio justo del papel de la empresa en el surgimiento del complejo militar-industrial debe tener en cuenta también las condiciones políticas y militares, así como el espíritu de la era Guillermina. Independientemente de su modernidad material, Krupp representaba a la perfección las ambigüedades de aquella Alemania: Sus dueños compartían la actitud reticente de las élites gobernantes hacia la democratización y el creciente poder del parlamento, colaborando en el bloqueo de las reformas políticas y sociales mediante el fantasma de la amenaza exterior. Por ello concedieron alimento material a la *Weltpolitik* sin ninguna reserva, no sólo en interés de su propio negocio, sino también porque, como la gran mayoría de sus contemporáneos, veían el status de potencia mundial como corolario de la unificación y el ascenso económico de la nación.<sup>311</sup>

---

<sup>311</sup> Fischer, F. (1986) y Berghahn (1994).



## Estados Unidos

Para el estudio de los inicios de un complejo militar-industrial ligado a la Navy en los Estados Unidos encuentro una obra de referencia en Cooling (1979); es interesante complementarla con sus otros trabajos en torno al tema, Cooling (1977) y (1981). También tratan el tema específicamente Hackemer (1995) y Herrick (1966). Buhl (1974) analiza la resistencia al cambio tecnológico por parte de los sectores más conservadores de la Navy. Para una detallada descripción y análisis de la movilización de la economía americana en Guerra se puede consultar la excelente obra de Koistinen en tres volúmenes (1997, 1998, 2004), o bien un resumen centrado en la emergencia del complejo militar-industrial en Koistinen (1980). Es interesante consultar también Brune (1981), con una perspectiva más general de las ideas geopolíticas norteamericanas de la época. La percepción de la importancia del poder naval durante la Gran Guerra viene descrita de primera mano en Sprout (1939), y con un enfoque más crítico en Beard (1932). Me gustaría destacar que, como se puede deducir de la bibliografía consultada, las obras de este último historiador nos han iluminado especialmente en lo que se refiere a la política, la economía y la ideología dominante en Estados Unidos durante el periodo que estudiamos. No podría dejar de mencionar a Mahan (1890), el influyente estudio coetáneo de referencia en torno al poder naval.

Como vengo explicando, el crecimiento de una economía industrial alteró radicalmente el proceso por el cual se abastecían los ejércitos. A medida que se incrementaba la complejidad del material de guerra se hacían necesarios nuevos tipos de relaciones entre el gobierno y las empresas capaces de mantenerse en el frente tecnológico. Análogamente al caso

alemán, en ningún campo fue esta necesidad tan evidente como en los lazos que surgieron entre la U.S. Navy y la emergente industria norteamericana del acero a finales del siglo XIX.

A mediados de la década de 1880 el gobierno norteamericano decidió renovar su decrepita flota de la guerra de secesión, asignando presupuestos para los primeros barcos de acero en la historia de la Navy. Estos nuevos barcos cambiarían por completo las prácticas tradicionales de construcción de la armada, planteando importantes cuestiones acerca del proceso de manufactura y adquisición.<sup>312</sup> Aunque el blindaje de acero y la artillería pesada eran ya claramente la tecnología del momento, no existían en Estados Unidos empresas capaces de suministrar esta tecnología, cara y con poca salida comercial. El gobierno y la Navy consideraban esta situación como inaceptable: el país dependía de empresas europeas para cubrir sus necesidades defensivas.

Surgió así una relación ambigua entre el gobierno y la industria del acero, una negociación llena de tensiones que ambos necesitaban y que la prensa de la época bautizó como “la polémica de los acorazados”. Una polémica que concierne, de distinta forma, a historiadores militares y económicos, pero que aquí nos interesa sobre todo por haber sentado un precedente para futuras relaciones entre gobierno, militares e industria, iniciando una influencia a largo plazo del ejército sobre el músculo industrial norteamericano. Por anunciar, en definitiva, la aparición de lo que en 1961 Eisenhower nombraría Complejo militar- industrial (MIC por sus iniciales en inglés, *Military-Industrial Complex*).<sup>313</sup> El requerimiento de una industria doméstica capaz de forjar el acero y la artillería necesarias para una flota de última generación trajo como (quizá imprevisto) resultado, el crecimiento de

---

<sup>312</sup> Koistinen (1997), cap. 3 y Cooling (1979), caps. 1-3.

<sup>313</sup> Eisenhower, D. (1961), *Farewell Address to the Nation*, Public Papers of the Presidents 1961, U.S. Government Printing Office, p. 1035.

un grupo de industrias con grandes intereses invertidos en un continuo y progresivo desarrollo de la Navy. Las grandes acerías se convirtieron en grupos de presión agresivos y en activos propagandistas de la expansión naval, la transformación de Estados Unidos en una talasocracia comercial. Por su lado, ante cualquier propuesta de recortes, la Navy empezó a argumentar que mantener estas industrias fuertes y en primera línea tecnológica era una cuestión de estado, fundamental para la defensa nacional y los intereses comerciales allende los mares.<sup>314</sup>

Como resultado de este (a menudo tormentoso) matrimonio de conveniencia entre la Navy y los gigantes del acero, se inició un programa de construcción que fue abandonando de forma gradual los objetivos exclusivamente defensivos para diseñar una flota ofensiva a partir de 1890: “A Navy second to none”, una armada superior a cualquier otra, en palabras del entonces vicesecretario de marina y más tarde presidente Theodore Roosevelt<sup>315</sup>, culminando con el masivo presupuesto previsto por la ley naval de 1916, en vísperas de la entrada de Estados Unidos en la Gran Guerra<sup>316</sup>. Casi veinte años antes, en las batallas de Santiago y Manila, la Navy ya poseía una corta pero moderna flota de acero con la que aplastó las escuadras españolas. Los Estados Unidos habían desarrollado satisfactoriamente la habilidad de diseñar, construir, equipar y armar las más sofisticadas naves. Por si quedaba alguna duda en ciertos sectores de la opinión pública, la pequeña guerra con España ayudó a terminar con las reticencias a destinar grandes presupuestos para el programa naval.<sup>317</sup>

---

<sup>314</sup> Hackemer (1995).

<sup>315</sup> Koistinen (1997), p. 38.

<sup>316</sup> Los detalles de la ley de adquisiciones navales de la administración Wilson aparecen descritos en Cooling (1979), cap. 8 y en especial pp. 204 y sigs.

<sup>317</sup> Herrick (1966).

En consonancia con las conclusiones del Almirante Mahan, los programas de la Navy tenían tanto que ver con proteger el comercio nacional mediante el dominio de los mares y la creciente participación americana en los asuntos mundiales (“show de flag”, lucir la bandera) como con la defensa nacional. Este ideario implicaba la construcción de una gran flota en años de paz, incluso sin una amenaza de guerra clara en el horizonte.<sup>318</sup> Según Koistinen,

“el imperialismo norteamericano fue formulado y puesto en práctica por una élite civil, y alimentado por una compleja mezcla de economía, políticas de poder e idealismo... Con la expansión en el teatro Asia-Pacífico, los Estados Unidos se unían a la reestructuración en curso del equilibrio de poder mundial, incrementando así la posibilidad de provocar una guerra. Para unir estrategia y diplomacia se hacía necesaria una armada ofensiva... Los civiles determinaron las líneas maestras de la política expansionista y los poderes –civiles- ejecutivo y legislativo tomaron las decisiones críticas que implicaban a la Navy en el proceso, multiplicando los grupos de interés que se beneficiaban directa o indirectamente de la carrera naval”<sup>319</sup>.

Aunque el acero de Carnegie o Bethlehem costaba más y (al principio) blindaba menos que su contemporáneo europeo, estos fabricantes financiaron con dinero público la experiencia y las infraestructuras que trazaron el camino para la carrera naval del siglo XX y les permitieron atender las copiosas órdenes que empezaron a llover desde Europa en 1914.<sup>320</sup> Se puede considerar que hasta 1894 la relación funcionaba de forma prácticamente unidireccional, con la Navy otorgando tentadores contratos a una industria reticente a invertir en blindaje de alta tecnología, dejándose convencer sólo a cambio de grandes beneficios. Y es que las acerías gozaban

---

<sup>318</sup> Mahan (1890).

<sup>319</sup> Koistinen (1997), p. 27.

<sup>320</sup> Cooling (1979), caps. 5-6

en Estados Unidos de un gran mercado civil interior, casi de una colonización interior, protegido por altos aranceles.<sup>321</sup> A partir de mediados de los 90, sin embargo, aparece de forma más clara la naturaleza simbiótica de la relación: Los militares creando un suministro nacional de materiales estratégicos y los contratistas civiles financiando la modernización de sus instalaciones, la introducción de nuevos procesos de fabricación que les permitieron empezar a competir en el mercado internacional, la oportunidad de adquirir licencias sobre patentes europeas, trato privilegiado en las patentes nacionales o asegurarse jugosas “educational orders” y contratos a largo plazo con el gobierno. Las “Educational Orders” eran pedidos de unos pocos prototipos que realizaba la armada con el fin de mantener a las industrias civiles en el frente tecnológico y con mano de obra cualificada, sin incurrir en el gasto de pedidos en masa.<sup>322</sup> Aunque el caso suscitó (y suscita) agrias polémicas acerca de posibles conspiraciones de la industria de cara a obtener beneficios ilícitos de los contratos públicos (teoría de la conspiración del tipo “Merchants of Death”<sup>323</sup>) parece claro que cierto grado de control monopolístico resultó esencial en la maduración de Estados Unidos como potencia industrial. Lischka (1977) sostiene este argumento estudiando el caso de la industria del Níquel, esencial para el moderno blindaje de acero. Cooling (1979) también sostiene que los industriales comprendieron pronto el tremendo beneficio que supondría, a largo plazo, su relación con los militares. Las acerías aplicaron en otros campos la tecnología desarrollada para el blindaje y la artillería: El acero de alta calidad, las plantas de gran capacidad y el incremento en la comprensión científica (tanto de la composición química como de las propiedades físicas) de las aleaciones tuvo su reflejo comercial. Según Cooling,

---

<sup>321</sup> Hackemer (1995).

<sup>322</sup> Koistinen (1997).

<sup>323</sup> Engelbrecht, Haninghen (1934).

“la proliferación de industrias relacionadas con la defensa se hizo inevitable una vez que la capacidad industrial americana y las necesidades de los militares se convirtieron en sinónimos en las mentes tanto de los políticos como de los empresarios... El proceso estaba aún lejos de completarse en 1894, pero los primeros tentáculos del MIC ya estaban allí”<sup>324</sup>.

A finales del XIX la relación entre el gobierno y la industria era aún lo suficientemente débil como para hacer esencial este tipo de apoyo político; no sería hasta la primera década del nuevo siglo cuando el MIC naval se estabilizaría lo suficiente como para que las empresas sostuvieran –y ganaran– sus propias batallas en el Congreso mediante la formación de una *Navy League* (1903), un “lobby” o grupo de presión que aunaba las fuerzas de todos los intereses industriales en pos del “preparedness movement”.<sup>325</sup> Y es que la carrera naval no era rentable sólo para la industria del acero. Construir un moderno acorazado implicaba también a la industria eléctrica, petrolera, química, etc. Y todas ellas tenían su parte de representación en los pasillos de Washington. La industria química, especialmente DuPont, aprendería de estas tempranas tentativas en el campo de la presión política y haría valer su experiencia durante y tras la Gran Guerra, como veremos.

Atendiendo a este caso parece que, como sugiere Brunton (1991), en la era industrial las naciones dominantes reaccionan a la percepción de desventajas tecnológicas desfavorables mediante esfuerzos gubernamentales para promocionar industrias estratégicas. Esta reacción cambió las relaciones de producción creando un entorno favorable para la emergencia de instituciones que facilitaron o legitimaron el papel del gobierno en el proceso de equiparación tecnológica. No en vano durante este periodo se crearon el *US Naval Institute* (1873) (Instituto Naval Estadounidense), la *Office of Naval intelligence* (1882) (Oficina de Inteligencia Naval) y el *Naval War College* (1884)

---

<sup>324</sup> Cooling (1979), p. 109.

<sup>325</sup> Koistinen (1997), caps. 3 y 5. *Navy League*, pp. 55 y 110.

(Universidad de Guerra Naval) para formar profesionalmente a los encargados de aconsejar al Secretario de Marina acerca de la composición de la flota, la construcción de navíos, la gestión de los astilleros, los encargos de acero... Y por su puesto, los encargados de formular una doctrina naval que guiara y diera sentido a la tecnología disponible. Hay evidencias de que el *Naval War College* y la *Office of Naval Intelligence* empezaron a planear la guerra con España ya en 1894.<sup>326</sup> Además de sus propias instituciones, la Navy aprendió a confiar en las instituciones civiles para procurarse personal técnicamente capacitado; en 1893 se firmó un acuerdo con el MIT para crear una escuela de arquitectura naval.<sup>327</sup> Mediante este entramado la Navy se aseguraba un estado de preparación constante que, al contrario que el ejército de tierra, le permitiría movilizarse rápidamente en caso de guerra.

En resumen, tres características principales apoyan la afirmación de que la modernización de la armada estadounidense a finales del XIX y principios del XX se puede interpretar como la primera manifestación de un Complejo Industrial-Militar en aquel país: Primero, la construcción de una nueva flota requería un equipo de producción compuesto de personal del gobierno, oficiales de la armada e industriales que impedía hacer delimitaciones claras entre las esferas públicas y privadas, militares y civiles. Una vez en marcha, este tipo de relaciones entre instituciones resultaron ser muy difíciles de detener, ya que contaban con una gran inercia. Lo que nos lleva al segundo punto: este equipo de producción se reveló como un fenómeno permanente y no temporal. Nació debido a la sofisticación de la tecnología militar y continuaría existiendo toda vez que esta mantenía un curso cada vez más acelerado. Las grandes potencias mantenían permanentemente flotas grandes y siempre crecientes, lo que no hizo sino ampliar y profundizar el consorcio

---

<sup>326</sup> Koistinen (1997), p. 36.

<sup>327</sup> Prescott (1954), p. 159.

Gobierno-Navy-Industria. Por último, la creación de una flota ofensiva retroalimentó el motivo político de la expansión: la política exterior y la competencia con las potencias europeas, en plena carrera naval. A medida que la perspectiva americana se globalizaba y la entrada en guerra se aproximaba, la administración Wilson decidió finalmente dotarse con la “Navy second to none” (primera Armada del mundo) soñada por Theodore Roosevelt.<sup>328</sup>

Es cierto que, en este periodo, las relaciones gobierno-militares-industria eran aún bastante elementales y embrionarias, que los grupos de presión (“lobbys”) no tenían tanto poder como para determinar la política naval. Sin embargo, retrospectivamente, el caso de la construcción de una armada acorazada sugiere que un fuerte gasto militar durante un periodo de tiempo dilatado en una economía industrial puede conducir a circunstancias en las que las fuerzas armadas distorsionen la estructura económica y la política de defensa de una nación. La agenda internacional, tanto política como económica, encauzó las relaciones entre el gobierno y la industria. La historia del nacimiento del MIC es la historia de una nación que se suma al frente tecnológico tanto nacional como internacionalmente. Con la construcción de una armada de acero Estados Unidos daba los primeros pasos para salir de su tradicional insularidad, a la vez que la creciente escala y complejidad de la tecnología militar propiciaba la creación de vínculos permanentes entre políticos y funcionarios civiles, altas esferas de la Armada y grandes industriales, difuminando las fronteras entre lo privado y lo público, lo civil y lo militar.

El paso definitivo de este camino fue, sin duda, la entrada de Estados Unidos en la Primera Guerra Mundial. El secretario de Marina Josephus Daniels describió la ley naval de 1916 como

---

<sup>328</sup> En estas conclusiones vienen a coincidir Cooling (1979) y Koistinen (1997).



“la ley más importante nunca antes aprobada en relación con la Navy, cuyos efectos se dejarán sentir a muy largo plazo y probablemente vayan más allá de lo que hoy podamos visualizar.”<sup>329</sup>

Irónicamente, la nación que había votado a Wilson como el presidente que la mantendría fuera de la guerra pronto se vio envuelta en el conflicto. No hay duda de que Norteamérica llevaba años preparándose para esta guerra, aunque sólo fuera como “arsenal de la democracia” (expresión del propio Wilson). Pero la declaración de guerra en Abril de 1917 cambió muchas cosas, entre ellas las relaciones entre el gobierno y las grandes industrias. Las nuevas configuraciones institucionales que se venían forjando en las campañas “pro-preparedness” de 1915 y 16 pudieron tomar cuerpo, de forma ya irreversible. Entre 1917 y 1919 el MIC, que había crecido en la sombra desde los años ochenta, encontró su mejor nicho en los rangos “un dólar al año” de hombres de la industria y los negocios que se unieron a los soldados en la marcha “por hacer del mundo un lugar seguro para la democracia” (otro lema de Wilson). Una movilización industrializada y burocratizada de hombres y materiales se adueñó del país a cargo de una *War Industries Board* (WIB) bajo la dirección del pope de la economía política en las guerras americanas, Bernard Baruch.<sup>330</sup>

Comparando la evolución de las flotas de acero en ambas naciones, así como sus implicaciones para la industria con base científica y la creación, a largo plazo, de un MIC, se pueden encontrar bastantes similitudes, que se derivan en gran medida de la trayectoria paralela entre Alemania y Estados Unidos en el escenario mundial del fin de siglo: Ambas habían llegado tarde a la industrialización y apenas contaban con poder naval en comparación con

---

<sup>329</sup> Citado en Cooling (1979), p. 204.

<sup>330</sup> Koistinen (1997), Parte II.

Gran Bretaña. Ambas eran potencias emergentes, inmersas en un proceso de industrialización rápido y muy relacionado con lo que entonces eran nuevas tecnologías. Hacía poco que Alemania se había configurado como estado unificado, menos aún que se había embarcado en una *Weltpolitik* (política mundial) y no encontraba el lugar que creía merecer y necesitar en la carrera colonial. Hacía poco que Estados Unidos había clausurado la Frontera, dando por terminado su propio proceso de colonización interior, y ampliaba entonces sus miras hacia Sudamérica y el Pacífico, afirmando y extendiendo los horizontes de la doctrina Monroe y la ideología del Destino Manifiesto. No es casualidad que el ideólogo Mahan sirviera de inspiración no sólo a los grupos expansionistas de su propio país sino también a los análogos alemanes: Ambos se fijaban en Gran Bretaña como modelo imperial basado en el poderío naval.

En consecuencia con estas consideraciones, ambas naciones iniciaron casi simultáneamente una carrera de construcción naval que implicaba una relación permanente de cooperación entre las esferas militar y civil del gobierno, y la industria metalúrgica. En ambos casos resultó determinante la iniciativa de los civiles, tanto por parte de políticos con objetivos ideológicos como de industriales con intereses económicos o de participación en el poder de gobierno, a menudo entrelazados con los primeros. Es en este punto en el que se pueden distinguir las principales diferencias entre Alemania y Estados Unidos, atribuibles a las peculiaridades y tradiciones de ambos sistemas económicos y gubernamentales. En Alemania, de acuerdo con su sistema elitista tradicional e incluso estamental, las relaciones entre Krupp y un gobierno regido por la vieja aristocracia prusiana fueron suaves y directas desde el principio, en gran medida basadas en las relaciones personales, mediante la incorporación de facto de la élite dirigente de Krupp al sistema de poder nacional en calidad de industria estratégica. Los aspectos económicos eran relevantes pero secundarios. Mientras tanto en Estados Unidos, el

gobierno federal había sido hasta entonces relativamente austero en lo que se refiere al gasto militar, y no contaba con una tradición de sostener grandes presupuestos en tiempos de paz. Al verse en la necesidad de recurrir a las empresas metalúrgicas para iniciar su programa naval tuvo que negociar en términos económicos como un cliente más, ya que estas no tenían la conciencia de “empresa de estado” que guiaba a Krupp, ni estaban interesadas en el tipo de privilegios que el Reich ofrecía a los oligarcas de Essen. Sin embargo, con el tiempo las grandes inversiones estatales contribuyeron a crear un oligopolio en el sector, y las grandes acerías tomaron conciencia del lucrativo negocio que suponía la relación permanente con el estado a largo plazo. De este modo, se desarrolló gradualmente en Estados Unidos una simbiosis muy similar a la que ya existía en Alemania: Una relación permanente entre el gobierno civil, los militares y las grandes industrias con el fin de cooperar en la producción de tecnología militar de última generación y atender un complejo cada vez más denso de intereses comunes. En ambos casos, alemán y estadounidense, fueron civiles quienes determinaron este proceso; los militares, lejos de mostrarse inicialmente como fieros halcones a favor de una carrera de armamentos, se incorporaron a ella arrastrados por la inercia de los argumentos políticos, ideológicos y económicos.

Lo más interesante de este pequeño estudio de caso para el tema principal, la industria química en la Gran Guerra, es el precedente que supone. El desarrollo de las marinas armadas se produce antes de la guerra por la clara conciencia que los gobiernos tienen de la necesidad de prepararse tecnológicamente en ese campo. En lo que se refiere a la industria química, no existía aún dicha conciencia antes de la guerra, salvo quizá entre una reducida élite de científicos como podían ser los padres de la KWG. Sin embargo, una vez que el conflicto se alarga más de lo previsto por los estados mayores, la necesidad de una preparación previa de la industria química se hizo evidente.

Cuando este proceso de expansión de la industria y de los programas de investigación química se puso en marcha repetiría, como se verá más abajo, el patrón previo de la metalurgia para las armadas: la consideración de las industrias químicas como estratégicas o “de estado” y la creación de embrionarios complejos militares-industriales nucleados en torno a un oligopolio de empresas con un carácter marcadamente nacional. Así, tanto en un sector como en otro, los programas que hoy denominaríamos como I+D nacen secuencialmente ligados a un horizonte de estados en conflicto, o a una situación bélica de facto. Y en ambos estados, independientemente de sus sistemas políticos y económicos, la I+D industrial encontró sus condiciones de posibilidad en una estrecha relación de cooperación elitista entre la industria, la ciencia académica, el gobierno civil y el estamento militar.

### **2.3 La industria química alemana antes de la Gran Guerra.**

“Estos magníficos laboratorios científicos, estos departamentos de patentes con su personal educado en leyes y química por igual, jamás habrían existido si una compañía no hubiera presionado a la otra en la carrera por la prioridad que ha generado la ley de patentes...”

Carl Duisberg, 1904.<sup>331</sup>

Entre las múltiples obras dedicadas a la historia de la industria química merece una mención especial el enorme trabajo de Lutz Haber (1958, 1971) que, a pesar de los años transcurridos desde su publicación, sigue siendo la obra de referencia sobre el tema por la cantidad y precisión de sus datos

---

<sup>331</sup> Duisberg (1933, 2), p.354.

sobre la industria química de todos los países desarrollados durante el período que nos ocupa. Para el caso específico de Alemania cuento con la temprana Lepsius (1914), valiosa también por su exhaustiva relación de compuestos producidos y estadísticas de producción. Más actuales son las compilaciones de Homburg et. al. (1998) y Lesch (2000), que aglutinan múltiples estudios de caso por parte de diversos autores. Marsch (1994), Smith J.K. (1993) y Lenoir (1988) ofrecen una perspectiva global de las estrategias de investigación y desarrollo en la industria química alemana. En cuanto a las empresas concretas, se han publicado varias historias de BASF, Bayer y Hoechst, como las de Plumpe (1990), Köhler (1990) o Abelhauser (2002), que resultaron polémicas por su acerada crítica del periodo nacionalsocialista pero constituyen guías bien asentadas del periodo que aquí se trata. Muy valiosas resultarán también las perspectivas de Meyer-Thurow (1982) sobre el departamento de investigación de Bayer, así como las de Smil (2001) y Reinhardt (1997) sobre sus análogos en BASF y Hoechst. Es interesante consultar también Sombart (1913) por la perspectiva coetánea y la aguda crítica que el autor hace de la relación entre el belicismo y el modelo capitalista alemán. Constituyen un testimonio inestimable los artículos, conferencias y escritos varios del propio Carl Duisberg: Recopilados en dos volúmenes que se publicaron en 1933 [Duisberg (1933)], constituyen una fuente primaria imprescindible al tratarse, como se verá a continuación, no sólo del responsable de investigación de Bayer en el periodo que nos ocupa, sino también del uno de los principales artífices de la política científica e industrial alemana antes de y durante la Gran Guerra.

A lo largo del siglo XX los tintes, productos farmacéuticos, fotográficos, explosivos, insecticidas, fertilizantes, caucho, combustibles, fibras, plásticos y otros miles de compuestos han fluido de la industria química hacia las máquinas de guerra, las granjas, los hospitales y la totalidad de una economía

de consumo. Sin la industria química, la historia del siglo sería completamente diferente. Todas las sociedades industriales han acabado participando de estos desarrollos, pero los historiadores han reconocido siempre un papel primordial a la industria química alemana. Entre la década de 1860, cuando se fundaron las primeras firmas de colorantes, y el estallido de la Guerra del 14, la industria química creció hasta ocupar un lugar significativo en la economía alemana, estableció los primeros laboratorios de investigación privados y llegó a dominar los mercados internacionales de productos sintéticos; representó un papel estratégico en ambas guerras mundiales, sirvió de ejemplo y estímulo a otras industrias alemanas y extranjeras, emergiendo como uno de los actores económicos y tecnológicos más importantes del panorama mundial.

La industria química alemana hubiera merecido la atención de los historiadores tan sólo por su peso económico y político; pero además, cimentando esa presencia global, podemos encontrar una corriente continua de innovaciones tecnológicas que han causado un profundo impacto material en la vida humana. Y detrás de esas innovaciones se esconde otra menos visible pero aún más importante: La invención de un sistema de invención<sup>332</sup>, el laboratorio contemporáneo de investigación industrial y la compleja infraestructura que lo sostiene. En este apartado intentaremos, tomando como ejemplo a Bayer y BASF (las dos principales empresas del período), describir la evolución de los programas de investigación y desarrollo llevados a cabo en la industria química alemana antes de la Gran Guerra, cuyas consecuencias analizaré en la siguiente parte del ensayo.

---

<sup>332</sup> Tomo la expresión de Meyer-Thurow (1982), “la industrialización de la invención”.

## El nacimiento de la sinergia entre ciencia e industria química.

Alrededor de 1900 la relación primordial entre química académica e industrial consistía aún, por lo general, en el modelo desarrollado durante las tres últimas décadas del siglo XIX, especialmente en las industrias de colorantes. Esta relación constaba de tres dimensiones que se reforzaban mutuamente. La primera de ellas venía dada por el lazo educativo, pues la universidad suministraba la mano de obra cualificada necesaria para esta industria con base científica. Una segunda dimensión consistía en los lazos personales entre los químicos industriales y sus colegas o colaboradores académicos, a menudo antiguos mentores como en el caso de A.W. von Hoffmann y Carl Martius de la Agfa. Estos lazos se mantenían y formalizaban mediante organizaciones profesionales como la *Deutsche Chemische Gesellschaft* (DCG Sociedad Química Alemana, fundada en 1867) o la Verein Deutsche Chemiker (VDC, Unión de Químicos Alemanes, fundada en 1887). Los líderes de estas organizaciones, como Hoffmann y su sucesor en la presidencia de la DCG, Emil Fischer (KWG), o bien como Carl Duisberg (Bayer) en la VDC, eran respetados en los círculos tanto académicos como industriales, y se convirtieron en mediadores institucionales capaces de dar forma a las relaciones académico-industriales en muchos campos.<sup>333</sup>

La tercera dimensión de estas relaciones era el intercambio de experiencia investigadora facilitado por lazos personales o mediante colaboración directa, como en el caso de Adolf von Baeyer (mentor de Fritz Fischer) y Heinrich Caro en BASF. A menudo la experiencia en forma de opinión experta servía para dilucidar casos de patentes, y las empresas remuneraban al testigo académico con becas, productos químicos o acceso a los conocimientos privados de la compañía. Inicialmente estos contratos eran

---

<sup>333</sup> Lesch (2000), pp. 57 y sigus.

puramente verbales o informales, pero a medida que fue creciendo el número de casos y consultores, aparecieron contratos que ligaban a químicos académicos con las empresas a modo de consultores profesionales. Tales consultas tomaron varias formas, desde trabajos especializados en proyectos específicos o patentes hasta consultas generales a largo plazo, que podían llevar al académico en cuestión a ocupar un cargo en la mesa de dirección de la empresa (aunque esto último nunca fue socialmente aceptado por la mayoría de académicos).<sup>334</sup>

A medida que las industrias desarrollaron sus propios laboratorios, internalizando muchas de las labores que antes cumplían, de forma ocasional, los químicos académicos, estos dejaron de beneficiarse directamente del conocimiento acumulado en las empresas. Durante las décadas de 1880 y 90 el interés académico en la química orgánica clásica se encontraba en su apogeo. En 1896, Eugen Bamberger, también alumno de Adolf von Baeyer, pidió a su colega Duisberg (por entonces ya director de investigación en Bayer) la publicación de los resultados de la empresa en el campo de las reacciones aromáticas, para que pudieran ser utilizados por los químicos académicos. Duisberg, quien había trabajado muy duro desarrollando laboratorios propios y cultivando relaciones contractuales con multitud de químicos de primera línea para alcanzar a compañías más antiguas y grandes como BASF o Hoechst, replicó que patentes y razones comerciales impedían la publicación de tales resultados durante, al menos, veinte años<sup>335</sup>. Buena parte de la investigación necesaria para la producción de compuestos orgánicos había sido ya internalizada por las empresas, y era independiente de la química académica.<sup>336</sup>

---

<sup>334</sup> Haber (1958), cap.8 (iv) y 10 (i).

<sup>335</sup> Duisberg a Bamberger, 20 de diciembre de 1894, Carl Duisberg Papers, Letters, Bayer Archiv, Leverkusen.

<sup>336</sup> Lesch (2000), pp. 15-57.



En 1900 la simbiosis entre academia e industria se empezaba a extender ya a otros campos de la química, esperando poder emular el modelo de los colorantes. Las principales compañías habían logrado ya sintetizar de forma rentable el más importante de los tintes vegetales, el índigo, e introducir toda una nueva gama de excelentes colorantes sintéticos, los “tintes de cubeta de reacción”. A medida que estas compañías intensificaban sus esfuerzos de investigación sin obtener nuevos resultados en el campo de los colorantes, iba quedando claro que este mercado se estaba agotando y los químicos académicos eran llamados de nuevo en busca de la diversificación que los superespecializados laboratorios propios no podían ofrecer. Se empezaron a considerar entonces procesos relacionados con los productos farmacéuticos, fotoquímicos o electroquímicos. Esto requería la colaboración de químicos procedentes de disciplinas como la química-física o la bioquímica, que resultaban menos familiares para los directores técnicos e implicaban mayores riesgos en las inversiones, aunque en algunos casos (como la fijación del nitrógeno atmosférico o el caucho sintético) ofrecían la promesa de enormes beneficios a medio plazo.<sup>337</sup>



Reactores discontinuos de la planta de índigo en Ludwigshaffen.

---

<sup>337</sup> Lesch (2000), pp.217-243.

Mientras tanto, aunque la propia naturaleza de la investigación académica iba cambiando, tanto intelectual como institucionalmente, en el lado industrial los directores técnicos seguían siendo hombres educados en la universidad como químicos y retenían el sentido de identidad con y lealtad hacia la ciencia. Carl Duisberg y Emmanuel A. Merk desempeñaban cargos de liderazgo en la VDC; Arthur von Weinberg, de Casella, se enorgullecía de haber mantenido, durante cincuenta años en la industria, su “resolución original de permanecer fiel a la ciencia y enfatizar los fundamentos químicos de su empresa”<sup>338</sup>. Hasta cierto punto los líderes de la industria habían colaborado en la extensión de los medios dedicados a esta ciencia en las universidades alemanas durante la década de 1890, ejerciendo presión sobre el parsimonioso ministro de finanzas prusiano para que aprobara la partida presupuestaria dedicada al nuevo instituto de química de Fischer en la Universidad de Berlín.<sup>339</sup> Este gesto podía interpretarse como un hecho aislado, tributo al prestigio científico y los lazos personales de Fischer; durante este período, sin embargo, se asentó un tipo más formal de colaboración académico-industrial mediante las contribuciones privadas para la nueva sede de la DCG en Berlín. La Hofmann-Haus-Gesellschaft creada con tal fin representó la primera inversión industrial colectiva en la profesión química. La transición crucial ocurrida en la década anterior a la guerra fue, por tanto, el paso de subsidios de firmas individuales para científicos individuales hacia subsidios colectivos para laboratorios u organizaciones profesionales.<sup>340</sup> Como hemos visto en apartados anteriores, esta transición culminó con la colaboración de los sectores industriales, académicos y

---

<sup>338</sup> Weinberg a Duisberg, 4 de Julio de 1933, apartado Arthur von Weinberg, Carl Duisberg Papers, Bayer Archiv, Leverkusen.

<sup>339</sup> Moy (1989).

<sup>340</sup> Lesch (2000), pp.15-57.

gubernamentales para la fundación de la Sociedad Káiser Guillermo y los institutos KWG, los primeros en su campo verdaderamente interdisciplinarios e independientes de la universidad.<sup>341</sup>

### **Organización de la Investigación Privada. Bayer y Duisberg.**

En la arriba citada literatura sobre la emergencia de la industria química alemana se pueden encontrar descripciones muy detalladas de los laboratorios centrales que las compañías desarrollaron a lo largo de las últimas décadas del siglo XIX, pero para comprender mejor las estrategias y estructuras de investigación de estas empresas debo ampliar la perspectiva y prestar atención a toda la estructura técnica interna, al conjunto de la organización de investigación y desarrollo ingeniada por aquellos pioneros de la ciencia industrial. El laboratorio central era un nuevo e importante elemento en el proceso de incorporación de la ciencia a la producción, pero igualmente importantes en esta tarea resultaron las grandes estaciones técnicas donde los nuevos descubrimientos científicos se convertían en producción masiva.<sup>342</sup> Los laboratorios técnicos llevaban a cabo investigaciones acerca de la rentabilidad y el escalado, cruciales para el desarrollo y la mejora de los productos existentes, imprescindibles para el éxito comercial de las empresas. Es aquí donde la gran mayoría de los químicos encontraban empleo y dónde la estrecha conexión de investigación y producción se hacía efectiva. La cooperación de químicos, ingenieros y técnicos hizo posible la auténtica industrialización de la invención más allá del laboratorio. En las empresas químicas alemanas de principios del siglo XX el

---

<sup>341</sup> Johnson (1990).

<sup>342</sup> Marsch (1994).

desarrollo era ya parte de la propia investigación. Fruto de esta mentalidad, como vimos, surgió la colaboración necesaria para los institutos KWG. Fruto de estas instalaciones, como veremos, fueron posibles los proyectos de Ersatz durante la Gran Guerra. Un par de décadas más tarde, en el período de entreguerras, la dirección de I.G. Farben estaría dominada por químicos con una profunda creencia en las posibilidades casi ilimitadas de la investigación.<sup>343</sup>

Los primeros años de la década de 1860 contemplaron la fundación de la mayoría de empresas químicas alemanas que más tarde serían importantes, muchas de ellas productoras de colorantes. Entre las más relevantes podemos contar Chemische Fabrik Griesheim (fd. 1861; Griesheim-Elektron tras su fusión con Chemische Fabrik Elektron en 1898), Kalle & Co. (fd. 1862), Farbwerke Fried. Bayer & Co. (fd. 1863), Farbwerke Hoechst (fd. 1863), Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF, fd. 1865) y Aktiengesellschaft für Anilinproduktion (Agfa, 1867).<sup>344</sup> Los fundadores de estas compañías eran a menudo químicos, o tenían conocimientos de química: Friedrich Bayer trabajó en una pequeña compañía de productos químicos antes de fundar su empresa; Carl y August Clemm, fundadores de BASF, eran licenciados en química, así como los emprendedores de Agfa o Hoechst. En la infancia de estas firmas el propio emprendedor era a menudo también el inventor, por lo que no resulta sorprendente que un laboratorio se estableciera de inicio con la planta química. Al fundar su compañía en 1862, Wilhelm Kalle incluyó en el nuevo edificio un laboratorio, contratando de entrada a un químico universitario. Apenas dos años después de fundar BASF, los Clemm inauguraron el primer laboratorio propio y contrataron al ya conocido químico especialista en colorantes Heinrich Caro, que en colaboración con el catedrático de Munich Adolf von Baeyer se encargó de organizar la

---

<sup>343</sup> Köhler (1990).

<sup>344</sup> Haber (1971), caps. 2 y 5.

investigación industrial de la compañía. Cuando Farbenfabrik Bayer contrató a su primer químico en 1864, la compañía ya poseía un laboratorio propio. En Hoechst el laboratorio funcionaba desde 1863, y a partir del 66 el fundador, Dr. Heinrich Brüning empezó a contratar otros químicos que le ayudaran en sus investigaciones. Aprendiendo de la experiencia de estas compañías, Edmund ter Meer construyó de inicio un laboratorio al fundar su compañía en 1877, laboratorio del que saldrían los sustitutos del alcanfor y la difenilamina que estabilizarían la pólvora alemana durante la guerra y permitirían a la compañía construir una gran factoría de explosivos. En general, la principal tarea de estos laboratorios industriales era controlar la calidad de las materias primas recibidas y probar nuevos compuestos, pero también se empezaban a hacer investigaciones para encontrar nuevos colores y sustitutos de los prohibitivos tintes naturales.<sup>345</sup>

Las compañías químicas alemanas conocieron un rápido crecimiento, como demuestran las cifras de contratación: Hoechst, que había empezado con seis empleados y un químico (el propio fundador), contrataba en 1912 a 9046 hombres, entre los que se contaban 307 químicos. BASF pasó de 30 empleados y dos químicos a 10000 y 300 respectivamente. En Bayer, las cifras son de 60 empleados y 3 químicos en 1870, frente a 10269 empleados y 320 químicos en 1912. Las cifras iniciales de ventas y dividendos son más difíciles de obtener, pero la mayoría de estas compañías salieron a bolsa durante la década de 1880, y a partir de entonces podemos saber que, en torno al cambio de siglo, lograban unos beneficios de entre el 18 y el 26%.<sup>346</sup>

En el período posterior a 1877 podemos observar cambios importantes en la organización de muchas compañías, cambios conectados con la aprobación de la ley de patentes ese mismo año. Como veíamos más arriba, la nueva ley implicaba que las empresas ya no podrían limitarse a

---

<sup>345</sup> Marsch (1994), cap.I.

<sup>346</sup> Cifras proporcionadas por Marsch (1994), p. 26. y Haber (1971), cap. 5

copiar un proceso químico o técnico para producir un cierto color o intermedio. Al contrario que en las leyes francesa o inglesa, recordemos, la ley alemana protegía los procesos, no los productos. Las patentes eran publicadas por la propia oficina de Berlín, de forma que todos los competidores sabían casi de inmediato que tendrían que desarrollar un nuevo proceso si querían mantener el producto en el mercado. Retrospectivamente podemos contemplar la nueva situación legal como el mayor incentivo que los directivos tenían para incrementar el número de químicos contratados y establecer nuevos y más potentes laboratorios donde su única ocupación sería la de descubrir nuevos compuestos mediante investigación científica.<sup>347</sup> A continuación analizaremos con cierto detalle cómo se llevaron a cabo estos cambios en la estructura de las empresas más importantes del sector.

Los embrionarios laboratorios existentes sirvieron de base para los cambios institucionales que siguieron a la nueva ley de patentes. En 1877 BASF reorganizó su estructura de investigación ascendiendo a Caro al puesto de director de investigación a tiempo completo y abriendo laboratorios técnicos que apoyaban al central, finalmente dotado de un edificio propio en 1889.<sup>348</sup> A partir de 1883 Theodor Diehl contaba con su propio laboratorio de analítica en Hoechst, ampliado y separado del central en 1883. Después de 1877 casi todas las compañías trasladaron sus laboratorios centrales (antes únicos) a nuevas instalaciones, complementándolos con laboratorios especializados, técnicos o de apoyo.<sup>349</sup> La planta de Bayer en Elberfeld fue la última en adoptar estas medidas. Bayer empleaba químicos académicos desde 1870; Frank y Völler se encargaban del análisis de colorantes, Sintenius del laboratorio de antracenos y Zarniko de testar los intermedios y materias primas. Pero en el caso excepcional de Bayer, los “maestros” (Meister) de

---

<sup>347</sup> Streb et. Al. (2006).

<sup>348</sup> Homburg et.al. (1998), cap.13.

<sup>349</sup> Reinhardt (1997).

fábrica, asistidos por químicos, eran los encargados de producir nuevos colores hasta 1885. Los químicos empleaban gran parte de su tiempo en analíticas rutinarias, lo que explica el número relativamente bajo de químicos en Bayer hasta ese año.<sup>350</sup>

¿Qué llevo a Bayer a cambiar su estrategia? Podemos distinguir hasta tres motivaciones principales que se derivan del retraso de Bayer respecto a otras compañías. Primero, el éxito de otras empresas tras haber creado laboratorios de investigación científica internos que les permitían introducir constantemente nuevos productos en el mercado, como demuestra el nombramiento de Carl Duisberg como director casi plenipotenciario del nuevo laboratorio central. Segundo, tras varios años de nueva ley de patentes, eran necesarios nuevas tecnologías y procesos que sustituyeran productos ya anticuados; Bayer tenía la esperanza de que una intensificación del trabajo científico-técnico ayudara a conseguir estos objetivos. Y tercero, el final, en 1885, de la convención de la Alizarina que había garantizado precios estables hasta entonces estimuló a la empresa de Elberfeld para buscar nuevos productos. La última de las grandes compañías en establecer un laboratorio exclusivamente dedicado a la investigación, Bayer adquirió finalmente fama por su grande y moderno laboratorio central inaugurado en 1891. Diseñado, construido y dirigido por Duisberg, éste era considerado como el más importante laboratorio privado de su tiempo, y superaba con mucho a cualquier laboratorio universitario en personal y recursos. Pocos años después Duisberg se convertiría en uno de los principales dirigentes de la compañía y, como hemos comprobado, del movimiento de renovación institucional representado por la *Kaiser Wilhelm Gesellschaft* (KWG). Los miembros de este laboratorio tenían que combinar habilidades en investigación, producción, ventas y patentes, y su trabajo supuso un cambio en el modo de trabajar, comportarse y pensar de un científico. Especialización y cooperación

---

<sup>350</sup> Marsch (1994), p.31

caracterizaban el nuevo modelo de investigación. Un número importante de descubrimientos patentables en tintes, medicamentos y procesos sintéticos demostró el valor del esfuerzo combinado: en 1891 la compañía reconoció el papel crucial de la investigación en química para sus intereses, calificando a sus científicos de expertos extraordinariamente bien retribuidos y con un contrato blindado. Las nuevas relaciones contractuales aseguraban el secreto de las investigaciones llevadas a cabo por la compañía, mientras la dirección científica desarrollaba gradualmente elaboradas técnicas de control y dirección del proceso de investigación, haciendo que éste se viera embebido en un complejo de comunicación, supervisión e incentivos. Aprendiendo de la experiencia, la creación de un laboratorio específico para el caucho artificial (Buna) en 1909 fue la primera gran inversión de Bayer en investigación y desarrollo antes de poner en marcha un proceso productivo. Para entonces su departamento de investigación incluía dos oficinas encargadas de la recopilación de información y literatura química, otra exclusivamente dedicada a las patentes y una cuarta al control de calidad. Desde 1904 disponía también de un laboratorio destinado a la formación de personal recién contratado. Para prevenir los riesgos de una sobreespecialización Duisberg estableció un sistema fluido de comunicación y rotación, que obligaba a sus investigadores a seguir todos los nuevos desarrollos de las diversas ramas de la química.<sup>351</sup>

Las empresas químicas no se limitaron, por lo tanto, a reconocer y aceptar la importancia de la investigación para su propia supervivencia. Su dependencia de un flujo continuo de invenciones les empujó a adaptar a sus propios fines la forma de hacer ciencia. El resultado fue una irreversible industrialización de la investigación. Esto implicaba dos procesos fundamentales: la investigación industrial se hizo ya totalmente autónoma de

---

<sup>351</sup> Podemos encontrar una descripción exhaustiva del laboratorio central de Bayer y sus cifras en Meyer-Thurow (1982). Para el papel personal de Duisberg consultar Lesch (2000), pp. 57-91, Marsch (1994), pp. 32-36 y Köhler (1990), pp. 55-75.



la académica (al menos a corto plazo) y la innovación se convirtió en algo rutinario y predecible. Las compañías se habían convertido en una especie de inventoras colectivas; la dirección proporcionaba medios, métodos y organización, convirtiéndose en un depósito de conocimiento y experiencia que los investigadores utilizaban y mejoraban continuamente. El químico era ya sólo una pequeña parte de la organización total.<sup>352</sup>

Mientras tanto, la exploración de nuevos campos, la investigación “libre” (o básica, como la denominamos ahora), se dejaba en manos de las instituciones públicas, dirigidas por hombres como Fischer, Ehrlich o Haber, que mantenían estrechos lazos con sus colegas industriales. La investigación académica ya no podía competir con la industrial cuando se trataba de largas baterías de pruebas; este tipo de programa de investigación demostró ser muy efectivo cuando se trataba de mantener y extender el dominio de la compañía en un campo concreto, pero cuando Bayer trató de irrumpir en mercados dominados por otras compañías o tocar nuevos campos científicos y tecnológicos, la investigación industrial resultó ser menos efectiva. A finales de la primera década del siglo, Duisberg iba reparando en estas carencias, lo que probablemente le animó, ya con gran poder en la dirección de la compañía, a apoyar el proyecto para un *Chemische Reichsanstalt* o presupuestar el aún muy especulativo laboratorio de caucho sintético.<sup>353</sup>

Entre 1877 y 1886 el resto de grandes compañías habían establecido ya unidades especiales de investigación aparte de los primeros laboratorios analíticos; su trabajo era no sólo mejorar los colorantes y las técnicas para fabricarlos, sino también investigar en nuevos campos que ampliaran el rango de productos de la compañía. Mientras que los laboratorios técnicos

---

<sup>352</sup> Mauskopf (1993), pp.137-157.

<sup>353</sup> Meyer-Thurow (1992).

investigaban en la mejora de las líneas establecidas y realizaban el control de calidad, los nuevos departamentos tenían como objetivo específico la diversificación: investigar nuevas síntesis y procesos avanzados.<sup>354</sup> Durante este proceso formativo de las nuevas unidades de investigación las juntas directivas de las distintas compañías representaron papeles también distintos. En BASF los departamentos de investigación evolucionaron a partir del contacto con académicos, mientras que Hoechst decidió entrar en el campo de los productos farmacéuticos a raíz de sus contactos con el instituto de Ehrlich. Agfa abrió su laboratorio fotoquímico en 1882. En estas tres compañías la dirección decidió incorporar la ciencia como resultado de la situación del mercado y la nueva ley de patentes.<sup>355</sup> Bayer, sin embargo, decidió dar poderes a Duisberg empujada por los avances de otras compañías.<sup>356</sup>

Para finales de los ochenta la investigación científica era generalmente aceptada como estrategia corporativa para el futuro bienestar de la firma. El éxito económico (reflejado por el empleo creciente) constituía un prerrequisito para la inversión en investigación, cerrando cada vez más el campo a nuevas compañías y permitiendo crecer a las existentes. Quedó claro también para los directores que unos buenos laboratorios propios eran imprescindibles para entender y asimilar la investigación académica, así como para contrarrestar los nuevos productos de otras compañías y manejar competentemente la ley de patentes.

La historia de las empresas químicas alemanas es también una historia de diversificación e integración. Todas ellas se hicieron con minas que garantizaran sus necesidades de energía y materias primas, y más tarde invirtieron en la producción de intermedios inorgánicos para sus nuevos

---

<sup>354</sup> Marsch (1994), cap.I

<sup>355</sup> Homburg et.al. (1998).

<sup>356</sup> Meyer-Thurow (1992).

colorantes, medicinas, artículos fotográficos y fibras sintéticas. Con su proyecto Buna y productos fotográficos Bayer y Agfa se contaban entre las más diversificadas en la antesala de la Primera Guerra Mundial, pero los grupos rivales también seguían esa pista; Hoechst habían integrado multitud de campos nuevos de producción en inorgánicos (sosa y ácidos sulfúrico y clorhídrico) y farmacéuticos, mientras que BASF contaba ya con plantas pesadas capaces de competir con las industrias inorgánicas británica y belga (United Alkali, Solvay) y controlaba varias papeleras. La mayor promesa de futuro de ésta última compañía, sin embargo, se escondía aún en sus laboratorios: la fijación de nitrógeno atmosférico mediante el proceso Haber-Bosch.<sup>357</sup>

La investigación proporcionaba también los medios necesarios para la diversificación: se utilizaba como herramienta para ampliar las bases de la compañía mediante la creación de plantas piloto y nuevas instalaciones especializadas. Cuando Griesheim-Elektron entró en el nuevo campo de la electroquímica en 1890, la planta de Meital se dotó desde el principio con su propio laboratorio de investigación. En 1887 la Agfa liberó al químico Dr. Momme Andressen con el fin de que elaborara un estudio encaminado a ampliar la base científica de la compañía; sus conclusiones pusieron a Agfa en el camino de la fotografía, y en 1891 estaba ya en disposición de comercializar el “Rodinal”, un nuevo y revolucionario método de revelado. Animada por este éxito, Agfa estableció un departamento dedicado íntegramente a la fotografía, incluyendo un laboratorio de investigación fotoquímica dirigido por Andressen. La diversificación y la investigación venían de la mano. En 1883 Hoechst emprendió su producción de farmacéuticos bajo la dirección del químico Dr. Eduard von Gerichten; el laboratorio especializado se terminó el mismo año, y poco más tarde comenzaba la cooperación con Robert Koch y Paul Ehrlich en los nuevos campos de sueros y bacteriología.

---

<sup>357</sup> Haber (1971), cap. 5

En 1892 Hoechst abría un departamento de Bacteriología dotado de varios laboratorios propios en un nuevo edificio.<sup>358</sup>

En el caso de Bayer la investigación en estos nuevos campos se retrasó también un poco. Aunque Elberfeld decidió entrar en el negocio de los productos farmacéuticos en 1888, estos no dispusieron de laboratorio propio hasta 1902, año en el que también empezó a funcionar el bacteriológico. A pesar del retraso, el incesante trabajo de Duisberg cristalizó en ampliaciones constantes hasta 1912, inaugurando sucesivamente los laboratorios de inorgánica, fotografía, productos puros y material de laboratorio. En un síntoma inequívoco de que la mentalidad había cambiado definitivamente, el dedicado al caucho fue el primero en entrar en funcionamiento antes de que los intentos de producción comenzasen. Durante la guerra el excelente caucho duro logrado por Bayer reemplazaría de forma efectiva la ebonita en las baterías alemanas, llegando a producir unas 2500 toneladas en la campaña 1917-18.<sup>359</sup> Sin embargo, al igual que sucedía con otros productos en período de guerra, la fabricación de caucho sintético sólo resultaba rentable debido a que el bloqueo británico obligaba al ejército a pagar los altos costes de producción; ésta cesó temporalmente en 1919, pero Bayer había ganado ya mucha experiencia en técnicas de vulcanizado, experiencia que le permitió abordar la fabricación de otros productos de caucho en los años veinte, y finalmente, ya como I.G. Farben, llevar a cabo el gran proyecto “Buna” durante el nazismo y la Segunda Guerra Mundial.<sup>360</sup>

---

<sup>358</sup> Marsch (1994).

<sup>359</sup> Haber (1971), p. 129.

<sup>360</sup> Köhler (1990).



Flamantes laboratorios centrales de Bayer, en Leverkusen.

Antes de 1880 todas las compañías disponían de estaciones técnicas de prueba y control en las que los nuevos colorantes se probaban en toda clase de materiales. Al principio estas estaciones trabajaban mediante el método de prueba y error, pero ya en los noventa, a medida que las compañías empleaban a más y más químicos, ingenieros y técnicos, las ampliaron hasta convertirlas en departamentos. De acuerdo con ello, los métodos de investigación se hicieron científicos, y antes de la guerra estos departamentos se consideraban ya parte de la base científica de la producción. Las estaciones de control eran de la mayor importancia para mantener la alta calidad de los productos, y el carácter riguroso de las prueba que efectuaban justificaba el empleo de tantos químicos. A mediados de los noventa, a medida que el mercado de colorantes se saturaba, los laboratorios de tinción sufrieron la transformación de su función original convirtiéndose en una especie de departamentos de desarrollo para las síntesis y procesos que habían sido inventadas en los laboratorios científicos. Como consecuencia de ello BASF los reconvirtió oficialmente en departamentos técnicos experimentales en 1895, dotándolos de nuevos edificios donde toda clase de reactores y

conducciones eran probadas a nivel piloto.<sup>361</sup> En Bayer se decidió construir una nueva estación experimental directamente conectada al flamante laboratorio central de Leverkusen; Duisberg opinaba que ésta debía encargarse de aplicar a la producción industrial los trabajos del laboratorio de forma inmediata, y para ello diseñó todo un plan de cooperación entre químicos e ingenieros. El número de químicos empleados en investigación y desarrollo de procesos industriales era mucho mayor que el de los laboratorios centrales: desde mediados de los noventa sólo un 20% de los químicos trabajaba en investigación central, mientras que el 80% restante lo hacía en laboratorios de diversificación, departamentos técnicos o agencias de patentes y ventas.<sup>362</sup>

Desde 1875 BASF había creado laboratorios concordantes con sus líneas de producción, como la alizarina, la anilina, los azo, etc. En 1888 empleaba aproximadamente 57 químicos en 18 laboratorios, pero tan sólo seis de ellos, incluyendo al director de investigación August Bernthsen, trabajaban en el laboratorio central. Heinrich se encargaba ahora del crucial laboratorio de patentes con la asistencia de otros seis químicos. Por lo tanto, entre el 70 y el 80% de los químicos de BASF trabajaban a nivel de planta o en los laboratorios especializados de los nuevos departamentos. De forma significativa, ninguna de las innovaciones responsables de la diversificación y riqueza de BASF se llevaría a cabo en el laboratorio central: La exitosa nueva síntesis del índigo de 1897 se realizó en el departamento de anilina; la licuefacción del cloro y el proceso de contacto para el ácido sulfúrico, en el de inorgánica; más tarde, el proceso de síntesis de ácido nítrico se perfeccionó en el departamento de índigo, y su complemento indispensable, el amoníaco sintético a alta presión, en el de inorgánica. La investigación estratégica de

---

<sup>361</sup> Homburg et.al. (1998), cap.13

<sup>362</sup> Meyer-Thurow (1992).

BASF estaba ya completamente descentralizada.<sup>363</sup> La situación en Bayer era similar; de los 99 químicos empleados por la compañía en 1899 tan sólo el 15% era necesario en el laboratorio central, mientras que el resto se repartía entre los departamentos especiales y las estaciones técnicas. De los 262 químicos de Bayer en 1912, 57 (22%) eran claramente identificables como investigadores; el laboratorio central empleaba a 16 (6%). Las estadísticas en Hoechst, Agfa y Griesheim-Elektron eran muy similares. Las compañías descentralizaban la investigación como parte de su estrategia de diversificación.<sup>364</sup>

En 1914 la estructura y la estrategia de las compañías químicas alemanas se había desarrollado de una forma completamente diferente a la de sus competidoras británicas y americanas.<sup>365</sup> Como acabamos de ver, la investigación estaba tan interiorizada que laboratorios y estaciones técnicas se construían automáticamente al ampliar plantas o abrir departamentos. Los laboratorios centrales y departamentales complementaban sus labores, desarrollando una investigación más arriesgada los primeros, más práctica y técnica los segundos. Las empresas mantenían una estrategia dual, con recursos de investigación centralizados por un lado y descentralizados por otro. Pero a partir de 1904 el mercado alemán estaba cambiando, se volvía más oligopolístico, y ya durante la guerra las compañías se vieron forzadas a nuevos acuerdos de reparto y cooperación.<sup>366</sup> En el epígrafe siguiente echaremos un vistazo a estos problemas, así como las propuestas que precedieron a los esfuerzos de reestructuración.

---

<sup>363</sup> Reinhardt (1997).

<sup>364</sup> Haber (1971), cap.5.

<sup>365</sup> Lesch (2000), pp. 217-242 y Homburg et.al. (1998), cap. 6.

<sup>366</sup> Marsch (1994).

Una vez descrito el panorama de la internalización de la investigación científica por parte de la industria química alemana en torno al cambio de siglo, paso a analizar ahora las ideas del propio Carl Duisberg al respecto, dado su papel protagonista en el proceso. Tomaré como referencia primaria Duisberg (1933, 1 y 2), además de las fuentes secundarias ya citadas: Meyer-Thurow (1982), Marsch (1994), cap.II y Lesch (2000), pp.57-91.

Carl Duisberg (1861-1935) era ya uno de los más influyentes industriales alemanes a principios del siglo XX. La supervivencia de Alemania durante la guerra y la formación del conglomerado de empresas conocido como I.G. Farben en el período de entreguerras deben mucho a su iniciativa, y se le puede atribuir el mérito de haber creado y escalado uno de los primeros sistemas complejos de investigación y desarrollo a nivel mundial. Su capacidad para prever los caminos por los que discurriría el futuro de la industria química le convierten en uno de los principales pioneros de la política científica y las perspectivas de investigación industrial.

Tras terminar su doctorado en química, Duisberg entró en Farbenfabriken Bayer en 1884, y tras una exitosa carrera como químico de investigación ascendió rápidamente al consejo directivo, siendo el máximo responsable técnico de la construcción de la nueva planta en Leverkusen a mediados de los noventa. En 1899 se contaba ya entre los cinco directores de la compañía y tras la jubilación en 1912 de Friedrich Bayer, hijo del fundador, se convirtió en “Generaldirektor”. Resulta por lo tanto interesante prestar un poco de atención a las ideas que profesaba acerca de cómo se debía organizar una gran compañía con base científica.





Reunión semanal en un laboratorio de Bayer, 1914.

El plan de Duisberg para Leverkusen se basaba en la departamentalización: los cinco departamentos de producción, todos ellos independientes, con laboratorios y estación experimental propios, serían asistidos por otros dos: el departamento de energía y el laboratorio central, que incluía biblioteca, oficina de patentes y laboratorios especiales. Cada departamento estaba pensado como una pequeña compañía dotada de sus propios órganos científicos. La planta se completó en 1913, pero la Bayer no fue la única en desarrollar tal organización. Hoechst había crecido según un patrón similar; BASF y Agfa presentaba también una organización descentralizada, con laboratorios departamentales y una estrecha colaboración entre investigación y producción. La competición entre fabricantes espoleaba la inversión en nuevos campos, propiciando la división de trabajo dentro de las compañías. Reflexionando acerca del desarrollo de la industria química alemana, el propio Duisberg señalaba en 1904:

“Esta admirable diversidad de actividades ha evolucionado a partir de la competencia, de la necesidad de dotarse con todos los medios para sobrevivir en la lucha de compañías. Estos magníficos laboratorios científicos, estos departamentos de patentes con su personal educado en leyes

y química por igual, jamás habrían existido si una compañía no hubiera presionado a la otra en la carrera por la prioridad que ha generado la ley de patentes...”<sup>367</sup>

Queda claro que Duisberg apreciaba la competencia en tanto en cuanto asegurara el progreso tecnológico, el beneficio económico y la dominación del mercado mundial por las compañías alemanas. La estructura organizativa de la Bayer ha de ser comprendida en conexión con esta mentalidad. La competencia interna entre laboratorios y departamentos podía provocar solape de funciones y duplicidad de trabajo, pero también ofrecía la importante posibilidad de que una de estas instituciones descubriera compuestos de valor industrial o encontrara procesos que permitieran producir con menor coste.



Carl Duisberg en 1908.

Sin embargo, tras su visita a Estados Unidos aquel mismo año, Duisberg se mostró impresionado por las fusiones que se estaban produciendo en la emergente industria norteamericana; a partir de entonces cambiaría de

---

<sup>367</sup> Duisberg (1933, 2), p. 354.

opinión y comenzaría a promover un trust que implicara a la totalidad de la industria química nacional. Más tarde, Duisberg escribiría otros dos memoranda en los que proponía este tipo de acuerdo: en 1915 (ya en plena guerra) y 1923 (esta vez alcanzaría el éxito definitivo en forma del conglomerado I.G. Farben). Todas las características principales de estos documentos se pueden encontrar ya en el informe referido de finales de 1904. En él Duisberg anticipaba la amenaza que suponía la industria norteamericana, los aranceles para penetrar mercados extranjeros y la sobreproducción de las compañías alemanas. Por todo ello proponía una fusión (como él mismo la denominaba) de las 16 empresas químicas fundamentales para formar un gran trust químico alemán. Esto permitiría, siempre según Duisberg (1933), racionalizar la producción, ahorrar materias primas y, por lo tanto, reducir costes para seguir siendo competitivo a nivel mundial. Compras, ventas, distribución y temas legales podrían centralizarse, pero la investigación debería continuar desarrollándose en centros independientes para garantizar una saludable competencia interna que asegurara la capacidad de innovación. Una de las mayores preocupaciones de Duisberg era la de evitar el estancamiento tras la fusión; para ello propuso un detallado plan que combinaba las ventajas de la fusión con la necesaria competencia, que consideraba tan importante. Denominó a este modelo “Idealkonkurrenz”, competencia intra-empresarial no destructiva. La nueva compañía debería conservar dos líneas de producción e investigación para el mismo campo, estimuladas por un sistema de incentivos. En un movimiento ideológico paralelo al que, como veíamos más arriba, ejecutarían poco más tarde los promotores de la KWG a la que Duisberg tanto contribuyó, la competencia en el saturado mercado interior ya no era deseable; el próximo reto era competir con otras naciones en sus propios mercados.

El memorando de 1904 se envió a las principales empresas del sector, pero sus ideas disfrutaron de un éxito tan sólo parcial. No se consiguió crear

un único trust, pero a finales de 1905 evolucionaron dos bloques de empresas cooperantes: Bayer, BASF y Agfa formaron lo que hoy conocemos como “pequeña I.G.”, mientras que Hoechst, Casella y Kalle se unieron en su propio grupo cooperativo.<sup>368</sup> En estas sociedades de intereses (Interessengemeinschaften) cada compañía seguía siendo independiente de las demás, pero gastos y beneficios se repartían entre los miembros, ayudando a contrarrestar las fluctuaciones del mercado. En el período que va entre estas semi-fusiones y la Gran Guerra, la competencia cayó, y las grandes compañías crecieron aún más. Cuando estalló la guerra, por tanto, ya existía una estructura oligopólica en el mercado alemán; sin ella hubiera resultado imposible llevar a término programas tan cruciales como el del amoníaco sintético, pues con el extremadamente costoso desarrollo del proceso Haber-Bosch, BASF hubiera sido incapaz de construir la planta de Oppau sin la financiación del “Dreibund” (ver epígrafe siguiente y apartado 3.2).

Los esfuerzos de Duisberg por alcanzar un trust de toda la industria química alemana se vieron, por lo tanto, favorecidos por la guerra. En 1915, cuando todo el mundo empezaba a darse cuenta de que la contienda sería larga y dura, el director de Bayer advertía ya que el mercado mundial no estaría tan abierto a los productos alemanes una vez acabada la guerra. Estados Unidos y Gran Bretaña hacían enormes esfuerzos por sustituir la sofisticada química alemana que había cesado de llegar a sus puertos: financiaban la expansión de su propia industria e invertían en investigación para sustituir la experiencia alemana.<sup>369</sup> En consecuencia, Duisberg insistía en su idea de una fusión que ayudara a la industria química alemana a sobrevivir una vez que la guerra hubiera terminado. Rescribió entonces el memorando de 1904, adaptándolo a las circunstancias presentes. En el nuevo informe destacaba que los gastos de investigación, estaciones técnicas y plantas piloto

---

<sup>368</sup> Haber (1971), cap.5.

<sup>369</sup> Haber (1971), caps.7-9.

había crecido tanto que la única forma de soportarlo era unir fuerzas para salvar preciados recursos financieros. En su opinión, sólo una gran empresa alemana, diversificada y racionalizada conseguiría competir con éxito en los nuevos y más duros mercados que encontrarían una vez que el bloqueo hubiera terminado.

La posguerra confirmó los pronósticos de Duisberg: Aunque Alemania siguió siendo el mayor productor en química orgánica y farmacéutica, su cuota de mercado disminuyó considerablemente. Casi todos los países introdujeron aranceles para proteger su estratégicamente valiosa y recientemente adquirida producción nacional. Mientras la gran inflación de 1922 y 23 mantuvo bajos los costes de producción en Alemania sus productos aún fueron competitivos, pero tras la estabilización del marco las exportaciones bajaron aún más. Era el momento para las ideas de Duisberg y finalmente en diciembre de 1925, tras un tercer memorando, las seis industrias químicas principales de Alemania se fusionaron en la “Interessengemeinschaft Farbenindustrie AG”, la I.G. Farben, una de las mayores empresas del mundo y el mayor trust químico hasta hoy.<sup>370</sup>

### **BASF. Del índigo al nitrógeno.**

En su discurso anual de 1898 como presidente de la *British Association*, el físico Sir William Crookes hacía una advertencia de ecos maltusianos que resonaría más allá del grupo de científicos reunidos en Bristol:

“Inglaterra, al igual que todas las naciones civilizadas, corre un gran riesgo de hambruna. Las bocas se multiplican y los recursos alimentarios se

---

<sup>370</sup> Köhler (1990).

dividen. La tierra es limitada y depende de fenómenos caprichosos... Es la química la que debe acudir al rescate de las comunidades amenazadas; es en el laboratorio donde la escasez debe tornarse en abundancia... Un rayo de luz ilumina este oscuro panorama: la fijación del nitrógeno atmosférico es uno de los grandes descubrimientos que esperan a la inventiva de los químicos.”<sup>371</sup>

En aquella época existían tan sólo dos fuentes importantes de nitrógeno químicamente disponible: el nitrato sódico y el sulfato amónico. La producción de ambos aumentaba pero el suministro de nitrógeno era aún pequeño. Mientras tanto la demanda crecía, en particular en forma de fertilizantes nitrogenados; en los países con agricultura intensiva ya se contaba con abundantes fertilizantes de fosfato y potasio, pero un mayor rendimiento requeriría, como ya habían concluido los estudios de Liebig unas décadas antes, la aplicación de nitrógeno. Hasta cierto punto estas necesidades se cubrieron aumentando la extracción de sulfato amónico de las fábricas de gas y los hornos de coque, pero esta fuente era limitada pues el carbón contiene apenas un 1% de nitrógeno en peso, y sólo parte de él es recuperable como sulfato.<sup>372</sup>

La otra fuente principal era el nitrato de Chile.<sup>373</sup> En torno al cambio de siglo se alzaban ya muchas voces temiendo que los depósitos se agotaran o, peor aún, el suministro quedara cortado en caso de guerra. Las necesidades militares eran, de hecho, causa justificada de preocupación, pues el nitrógeno se había convertido en una materia clave para la industria de explosivos. La disponibilidad de fuentes de nitrógeno fue un factor importante en la

---

<sup>371</sup> Crookes (1899), pp. 4 y 18.

<sup>372</sup> Smil (2001).

<sup>373</sup> Para una descripción detallada del problema de los nitratos chilenos, su minería, economía, propiedad, transporte y utilización como precursores químicos, consultar Haynes (1954), vol. 2, cap. 6 y 7.

invención y comercialización de una gran variedad de explosivos modernos durante la segunda mitad del siglo XIX. Nitroglicerina, dinamita, nitrotolul,... requerían ácido nítrico para su síntesis, por lo que el nitrato sódico chileno se había convertido en un material estratégico. Alrededor del 50% de las importaciones de nitratos se destinaban a este fin en 1910. Dos preocupaciones estratégicas obvias surgían de la creciente demanda de nitrato chileno, independientemente de la durabilidad de la fuente: La habilidad de una nación para producir cosechas adecuadas y sostener una guerra contemporánea se vería seriamente comprometida por una interrupción en las importaciones regulares de nitratos. Estos temores eran especialmente agudos en Alemania, mayor importador de nitratos a principios de siglo y país más vulnerable al bloqueo marítimo; unidos estos factores a la existencia de una industria química poderosa e innovadora, no resulta sorprendente que los esfuerzos alemanes por desarrollar nuevas fuentes de nitrógeno fueran especialmente intensos. Ya incluso en los pacíficos últimos años de la era Victoriana se había creado una fuerte demanda de ácido nítrico para la industria de tintes y explosivos para ingeniería civil.<sup>374</sup>



Ludwigshafen en 1881.

---

<sup>374</sup> Buchanan (2006).

En la década de 1890 otros dos factores ayudaron a atraer la atención de los químicos hacia la fijación de nitrógeno. Uno de ellos era la química-física; esta nueva ciencia permitió comprender mejor muchos aspectos de las reacciones gaseosas, poniendo a los químicos sobre pistas prometedoras acerca de la formación de óxidos o amoníaco a partir del nitrógeno atmosférico. El otro factor importante fue el progreso de la ingeniería eléctrica y mecánica; Como decíamos, Linde había inventado una máquina para licuar aire en 1895, haciendo posible la obtención de oxígeno y nitrógeno a partir de la atmósfera. Otros investigadores estaban siguiendo el camino apuntado por Cavendish más de un siglo antes, utilizando el nuevo y poderoso equipamiento eléctrico para formar óxidos de nitrógeno en arcos voltaicos. Las enormes cantidades de hidrógeno que las nuevas plantas electrolíticas generaban como subproducto animaban también a buscar un proceso efectivo para la reacción directa. Finalmente encontramos la cianamida, que empezó a ser comercialmente rentable una vez que las potentes máquinas de la nueva industria eléctrica pudieron proporcionar un intermedio clave, el carburo cálcico. Este somero repaso nos permite sacar una primera conclusión: El estado de la química y la ingeniería estaba avanzado lo suficiente como para prometer el desarrollo industrial de la fijación de nitrógeno. La cuestión era qué proceso sería más rentable, más capaz de producir enormes cantidades a bajos precios. Para dilucidar esta cuestión analizaremos brevemente los tres principales métodos de fijación que evolucionaron en la década posterior al discurso de Crookes con el que abríamos este epígrafe.<sup>375</sup>

---

<sup>375</sup> En la descripción de los tres métodos de fijación sigo a Haber (1971), pp.84 y sigus.





Colonia construida para los trabajadores en Hermsdorf, 1880.

La química del proceso de arco eléctrico es simple: a los aproximadamente  $3000^{\circ}\text{C}$  creados por la chispa el oxígeno y el nitrógeno se combinan para formar monóxido de nitrógeno; esta reacción es un equilibrio muy desfavorable, por lo que resulta esencial enfriar el producto a  $1000^{\circ}\text{C}$  rápidamente para que no revierta. A medida que el gas se enfría absorbe más oxígeno atmosférico para dar dióxido de nitrógeno, que se puede adsorber en una torre dando ácido nítrico diluido al contacto con el agua. Una vez concentrado, éste se puede comercializar directamente o mezclar con cal para formar nitrato, que se vende ya seco como fertilizante con aproximadamente un 13% de Nitrógeno. El propio Crookes había estudiado este método en 1892, y pocos años más tarde Lord Rayleigh y Sir William Ramsay llegaron mediante él al descubrimiento de los gases inertes. Los estudios de laboratorio demostraban que existía la posibilidad de fijar N de éste modo, pero había también enormes dificultades técnicas, como el bajísimo rendimiento (se aprovechaba apenas un 3% de la energía eléctrica consumida), el diseño de un arco estable o la operatividad de la torre de absorción. Los intentos para superar estas dificultades por parte de McDougall en Manchester (1899) y Bradley en Niagara Falls (1902) resultaron infructuosos. En Alemania, BASF empezó a estudiar el problema de la fijación de nitrógeno desde 1897 en adelante, empleando con tal fin a Schönherr, químico, y J. Hessberger, ingeniero. Sus progresos fueron lentos y quedó para dos noruegos, Kristian Birkeland (profesor de física en la

universidad de Oslo) y Samuel Eyde (ingeniero hidroeléctrico), la tarea de poner en marcha el primer proceso comercialmente exitoso. A partir de 1903 estos dos socios comenzaron a producir pequeñas cantidades de nítrico y nitrato en una planta piloto a las afueras de Oslo, aunque hasta 1906 no consiguieron ampliar la producción de forma significativa (1600 Tm de nitrato aquel año).

Naturalmente, el trabajo de alemanes y noruegos había atraído la atención de algunos científicos. Walter Nernst (catedrático de química-física en Berlín) y Fritz Haber (aún profesor de química en la TH de Karlsruhe) dedicaron mucho trabajo a la determinación de la termodinámica de equilibrio de los óxidos de nitrógeno, el primero durante los años 1904-5, el segundo a partir de 1907. A pesar de que estas investigaciones no tuvieron ningún resultado práctico capaz de mejorar el proceso de arco, permitieron alcanzar una comprensión más profunda de los equilibrios del nitrógeno, y fueron los óxidos los que unieron por vez primera los destinos de Haber y la BASF, ya que la compañía se demostró dispuesta a financiar su interés general por el nitrógeno, aunque aún se mostraba reacia a comunicarle sus propias investigaciones sobre la formación de amoníaco a partir de sus elementos. Los trabajos de Schönherr en Ludwigshaffen habían conducido a una patente (1905) para el proceso de arco, pero los rendimientos de la planta piloto (1907) no eran muy superiores a los del modelo noruego; ambas compañías firmaron un acuerdo para producir nitratos por este método, pero BASF perdió el interés rápidamente ante los prometedores resultados de Haber. En la práctica el proceso de arco triunfó a escala industrial tan sólo en Noruega, donde la energía hidroeléctrica era lo suficientemente barata como para hacerlo rentable.

El proceso de la cianamida, segundo de los que veremos aquí, comienza con el carburo cálcico, que finamente dividido se carga en un horno donde, a unos 1000°C, se combina con nitrógeno (muy puro, obtenido por licuefacción

de aire) para dar cianamida de calcio, con un 20% de N en peso y directamente utilizable como fertilizante. El desarrollo industrial de este proceso siguió caminos inusuales, y todo el trabajo inicial se llevó a cabo íntegramente en Alemania. En 1895 A. Frank, quien había tomado parte activa en la fundación de la industria de potasa alemana, empezó a experimentar con el entonces recién descubierto carburo cálcico en busca de cianidas para la compañía DEGUSSA. Trabajando con N. Caro y F. Rothe en las instalaciones de Dynamit A.G. Hamburg, Frank llegó en 1897 a resultados lo suficientemente interesantes como para que DEGUSSA y Siemens & Halske decidieran formar con ellos la Cyanidgesellschaft. En 1900 N. Caro obtuvo una patente para producir amoníaco a partir de la cianamida, la primera síntesis técnica del compuesto. Mientras tanto, Frank demostró que la cianamida era un fertilizante efectivo por sí mismo, aunque inferior al sulfato amónico.

Las actividades de Frank y Caro imprimían un nuevo rumbo a la Cyanidgesellschaft, lo que provocó la retirada de DEGUSSA en 1901. El resto de miembros decidió intentar el proceso Frank-Caro a gran escala, presionados por las recientes mejoras que Polzenius, trabajando para la Metallgesellschaft, había introducido en el mismo. Ambos grupos alcanzaron un acuerdo de colaboración en 1908 y la primera planta comercial de cianamida comenzó a funcionar con energía hidroeléctrica en la alta Baviera (Bayerische Stickstoffwerke) unos meses más tarde. La compañía obtuvo para ello el decisivo (no sólo económica sino también políticamente decisivo, como veremos al tratar la cianamida durante la guerra) apoyo del Deutsche Bank; Siemens seguía siendo socio principal, por lo que la ingeniería estaba en buenas manos. En 1912 otras ocho firmas se habían embarcado en el negocio de la cianamida, produciendo unas 152.000 toneladas anuales de este producto en Alemania, Noruega, Suecia, Italia y Canadá. Cuando estalló la guerra, en agosto de 1914, funcionaban también las primeras plantas francesa,

japonesa y austriaca. La rápida expansión del proceso de la cianamida se explica por la tecnología simple, basada en una ingeniería sobradamente probada, el mayor rendimiento que el proceso de arco y las materias primas abundantes (cal y carbón). Bajo estas circunstancias no resulta sorprendente que en 1914 la cianamida fuera la principal fuente disponible de nitrógeno sintético.

El proceso de Haber, que acabó desplazando a todos los demás procesos de fijación de nitrógeno, era aún un factor incierto cuando comenzó la guerra. La síntesis del amoníaco a partir de sus elementos,  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$ , aparentemente tan simple, representa uno de los mayores avances de la química industrial, habiendo contribuido significativamente a dar forma a este sector. El proceso, descubierto en laboratorio por Fritz Haber y desarrollado a escala industrial por Carl Bosch, fue la primera aplicación de síntesis a altas presiones; la tecnología desarrollada se aplicó posteriormente, con las oportunas modificaciones, en la síntesis de metanol y la hidrogenación de carbón para conseguir combustibles líquidos de alto nivel octano. Su influencia se extiende hasta los actuales métodos para refinar y crackear petróleo, así como hasta cualquier método sintético que requiera de altas presiones. El proceso Haber-Bosch no requiere materias primas caras o escasas, pero el equipamiento necesario para licuar y purificar hidrógeno y nitrógeno era entonces complejo y costoso, mientras que los reactores de alta presión simplemente no existían. Es también un proceso que permite recortar costes a medida que la escala de producción se incrementa, permitiendo la reutilización de los productos secundarios. La construcción de enormes plantas que operaban en continuo con grandes volúmenes de gases a altas temperaturas y presiones formidables impuso a los ingenieros prácticas completamente novedosas, contribuyendo al rápido desarrollo de la ingeniería química y a la producción de nuevos tipos de aceros, válvulas y compresores. La confluencia de la ingeniería y la química se remonta a la década de 1890,

pero con la síntesis del amoníaco la unión de ambas se convirtió en la característica distintiva de una industria química moderna. Las enormes inversiones en investigación y materiales requirieron grandes sumas de capital a las empresas implicadas (el “Dreibund” BASF, Bayer, Agfa); casi dos años de ventas en condiciones especiales (el bloqueo británico impedía la llegada de nitrato chileno a Alemania) fueron necesarios para recuperar la inversión de la primera planta de Oppau. Finalmente, el proceso Haber-Bosch era mucho menos dependiente de la energía eléctrica barata que el proceso de arco o de cianamida, lo que permitió construir plantas de fijación de nitrógeno lejos de lugares estratégicos. Potencialmente, el proceso proporcionaría a Alemania los medios necesarios para garantizar su autosuficiencia en fertilizantes y ácido nítrico, respondiendo definitivamente al reto planteado por Crookes. Tras la guerra el número de plantas que utilizaban éste método se multiplicó a lo largo y ancho de Europa, Norteamérica y Japón, convirtiéndose en el sector más importante de la química industrial de entreguerras. El impacto de la síntesis del amoníaco se puede comparar tan sólo con la adopción del petróleo como fuente de energía y síntesis de plásticos durante y tras la Segunda Guerra Mundial.

Pero centrémonos ya en el período que nos ocupa, para ver en detalle cómo se llegó a esta síntesis y su desarrollo industrial.<sup>376</sup> A pesar de su aparente simplicidad, la síntesis de amoníaco resultaba escurridiza. A finales del XIX el amoníaco se obtenía fundamentalmente como subproducto de las plantas de gas, pero todos los intentos de prepararlo a partir de sus elementos habían fallado. Con el antagonismo anglo-germano incrementado por la guerra de los Boers y la amenaza constante de bloqueo por un poder naval superior, Wilhelm Ostwald, otro de los padres de la KWG, fue el primero en considerar el amoníaco desde el punto de vista de la química-física. El 12 de

---

<sup>376</sup> Para una descripción técnica detallada de los trabajos de Bosch y Mittasch, incluyendo diagramas de los instrumentos y reactores, consultar Smil (2001), cap. 5.

Marzo de 1900 notificó a Heinrich von Brunck, director general de BASF, que había tenido éxito sintetizando amoníaco a partir de sus elementos en presencia de un catalizador de hierro. Brunck, consciente del enorme potencial comercial de ese descubrimiento, llegó rápidamente a un acuerdo para investigar la afirmación de Ostwald. Carl Bosch, entonces un joven químico recién reclutado por BASF, fue el encargado de examinar el trabajo de Ostwald de cara a su posible interés para la empresa. Desgraciadamente Bosch concluyó que la pequeña cantidad de amoníaco obtenida por Ostwald a presión atmosférica se debía a impurezas de nitrógeno en el catalizador.

Haber, que enseñaba química-física en Karlsruhe tuvo su primer contacto con el amoníaco en 1903, cuando investigó sus equilibrios termodinámicos a petición de los hermanos Margulies, entonces atentos a la formación de nitritos.<sup>377</sup> El trabajo de Haber y su colaborador, van Oordt, durante los años 1904-5 (recordemos, período en el que Haber visitó los EEUU) fue especialmente fructífero, pues demostraron que la síntesis de amoníaco a partir de los elementos era termodinámicamente posible mediante el empleo de un catalizador; sin embargo, a 1000°C y presión atmosférica, con hierro finamente dividido, el rendimiento era aún muy bajo. Acorde con su estilo tecnológico y su posición en una Escuela Técnica Superior, Haber se ocupó también de diseñar el reactor y el sistema de circulación. Todo este trabajo era aún de naturaleza esencialmente teórica, y ambos investigadores concluyeron que no podría alcanzar ningún valor comercial. Haber pensaba aún que la fabricación a escala industrial no sería posible a tales temperaturas, más aún cuando la química catalítica estaba aún muy verde. No se planteó el uso de altas presiones, aún más impensables para la industria del momento; Haber decidió centrarse en mejorar el proceso de arco voltaico.

---

<sup>377</sup> Szöllosi-Janze (1998).

Como resultado de su trabajo en el tercer principio de la termodinámica, Walter Nernst se interesó en el equilibrio del amoníaco en 1906.<sup>378</sup> Tras examinar los trabajos de Haber, Nernst repitió las pruebas bajo presiones de hasta 75 atmósferas, aunque el rendimiento de amoníaco que obtuvo a 700°C fue menor aún que el de Haber. En la reunión de la Bunsengesellschaft celebrada en Hamburgo a finales de mayo de 1907, Nernst retó a Haber a repetir sus rendimientos; mientras tanto, la Griesheim-Elektron había desestimado estudiar el proceso de Nernst pues consideraba imposible trabajar a tales presiones a gran escala. Haber recogió el guante; esta vez con la asistencia de R. Le Rossignol, trabajó en el proceso entre 1907 y 1910, descubriendo las características esenciales de la futura síntesis del amoníaco. Con una presión de 200 atm y una temperatura de unos 600°C, circulación continua y osmio como catalizador, Haber alcanzó un 8% de rendimiento en amoníaco, mucho más alto que en los experimentos de 1905. Este mismo catalizador se utilizó en la demostración del 2 de Julio de 1909, que dio al experto en catálisis de la BASF, Mittasch, las primeras ideas acerca del equipo y el potencial del proceso. Un par de meses más tarde, Haber encontraba que el carburo de uranio, más barato que el osmio, permitía mejores rendimientos.

Haber estaba siendo asistido por BASF desde febrero de 1908, pero por entonces la compañía seguía estando más interesada en el proceso de arco. La demostración de Julio de 1909 dio un vuelco a la situación. BASF aumentó su contribución y asignó a Bosch y Mittasch la tarea de colaborar en el desarrollo técnico. Entre ese día de 1909 y finales de 1912, el equipo de Mittasch probó 2500 sustancias en 6500 experimentos hasta decidir que el acero activado era el catalizador más rentable para el proceso a escala industrial. Este meticuloso trabajo, apoyado por una cuidadosa política de patentes, colocó a BASF en

---

<sup>378</sup> Barkan (1999)

una posición de privilegio respecto a sus competidores. Había nacido la catálisis industrial.<sup>379</sup>

Mientras tanto, Bosch se ocupó de escalar el reactor de Haber. Las primeras pruebas con el equipo experimental comenzaron en Ludwigshaffen en primavera de 1910, y el éxito parcial de éstas, unido a la convicción de su mejor ingeniero químico, hizo que BASF se decidiera retirar el apoyo al equipo noruego de arco para concentrarse en el proceso de Haber. A partir de entonces el equipo de Bosch tuvo que enfrentarse a dos problemas principales, que supieron resolver con brillantez y creatividad. El primero de ellos tenía que ver con el diseño del convertidor. El convertidor de Haber medía menos de un metro de largo y apenas unos centímetros de diámetro. Bosch y sus ingenieros lograron uno de 1,80m en 1910, llegando a los ocho metros y 45cm de diámetro en 1913, su último reactor experimental; el primero operativo en la planta de Oppau sería aún mayor, con un peso de 8,5 Tm. Los convertidores de Leuna, apenas dos años después alcanzarían las 65 Tm. Los reactores de este tamaño eran completamente desconocidos hasta aquella fecha, y requerían una única forja de acero de alta calidad; BASF tuvo que recurrir a la experiencia de Krupp con los grandes cañones. Durante las pruebas se encontró que el hidrógeno a alta presión atacaba el acero, dejándolo inservible en pocas horas. La ingeniosa y práctica solución que Bosch encontró a este problema se denominó “convertidor en líneas”: El tubo interior, de acero con poco carbono, no resistía la presión sino que absorbía el hidrógeno; el tubo exterior, de acero al níquel, resistía la presión, y el hidrógeno que no había sido absorbido se dejaba escapar por pequeños poros practicados en su superficie antes de que dañara el metal.

---

<sup>379</sup> Para la organización del laboratorio de investigación de BASF, Homburg et. al. cap. 13 y Reinhardt (1997).



El otro problema al que se enfrentaron los ingenieros de Ludwigshaffen fue el suministro y purificación de los gases. La producción barata de hidrógeno y nitrógeno era la clave de la rentabilidad. Ambos gases llevaban tiempo obteniéndose a escala comercial, el hidrógeno como subproducto de electrolisis, el nitrógeno mediante el aparato de Linde. Tras unas cuantas pruebas iniciales con una planta Linde, Bosch decidió que ésta no era rentable a semejante escala; encargó entonces a uno de sus colaboradores, Wild, que estudiara un proceso para la descomposición catalítica del gas de las plantas gasificadoras (llamado entonces “gas de agua”). Tres años más tarde todas las plantas Haber-Bosch utilizaban el proceso Wild-Bosch para abastecerse de hidrógeno y nitrógeno. Sin entrar en demasiados detalles, el proceso consistía en descomponer el gas para dar hidrógeno y monóxido de carbono, que se trataba con vapor para producir más hidrógeno. El nitrógeno era mucho menos crítico debido a su abundancia; tras unos pocos estudios los químicos de BASF decidieron que el suministro se obtendría separando nitrógeno del gas obtenido al soplar aire sobre coque.

En 1912 los problemas técnicos de catálisis, ingeniería y suministro estaban virtualmente resueltos. La dirección de BASF autorizó un aumento del tamaño de la planta piloto, y ya a mediados de año el amoníaco era sintetizado a un ritmo de una tonelada diaria. Se adquirieron terrenos en Oppau, ligeramente al norte de Ludwigshaffen, para instalar la primera planta comercial; la capacidad inicial planeada era de 8.700 Tm anuales de amoníaco, que se bombearía hasta la planta transformadora para conseguir unas 36.000 Tm anuales de sulfato amónico. Oppau abrió el 9 de Septiembre de 1913. Sucesivas ampliaciones, ya en tiempos de guerra, incrementarían su capacidad hasta las 60.000 Tm anuales de amoníaco (unas 250.000 de sulfato) a finales de 1915. En 1932 Bosch recibiría el primer premio Nobel de química otorgado a un trabajo tecnológico; la experiencia de una Gran Guerra y el temor a otra hicieron que la comunidad científica cambiara paulatinamente su

metalidad a lo largo de la década de los 20, admitiendo la gran importancia de los desarrollos tecnológicos e industriales.<sup>380</sup>

De 1910 en adelante el trabajo alemán sobre el amoníaco atrajo la atención de muchos, pero pocos detalles vieron la luz pública; cuando estalló la guerra, la rentabilidad del proceso era aún una incógnita. Durante la guerra, como veremos más abajo, la fijación de nitrógeno se convirtió en una preocupación de primer nivel en los países beligerantes y se hicieron numerosas estimaciones de sus costos. Las más detalladas fueron remitidas por el Comité de Productos del Nitrógeno organizado por el gobierno británico durante la última parte de la guerra. Sus cálculos se basaban en cifras de preguerra, y demostraban que las fuentes de nitrógeno más baratas eran, con mucho, los nitratos chilenos con 10£ por Tm de N. La siguiente era la cianamida, con entre 20 y 23£ dependiendo del precio de la energía eléctrica. El costo de una Tm de N mediante el proceso Haber-Bosch se estimaba en 32£, mientras que 36£ era el precio calculado para el proceso de arco<sup>381</sup>. El informe reflejaba la opinión de los expertos ingleses y justificaba la construcción de numerosas plantas de cianamida durante y después de la guerra. Sin embargo, cuando la planta de Oppau fue inspeccionada por los aliados en 1919 resultó obvio no sólo que el proceso implicaba avances tecnológicos de primer orden, sino también que estas estimaciones eran muy altas: BASF estaba produciendo nitrógeno con una rentabilidad mucho mayor que las plantas de cianamida y, lo que es más importante, a pesar de la derrota fue capaz de mantener sus patentes, los detalles del catalizador y las claves del convertidor.

---

<sup>380</sup> Smil (2001), cap. 5

<sup>381</sup> Ministry of Munitions, Nitrogen Products Committee (Good-Adams Committee), *Final Report* (1919), Cmd 482, pp.224.

Al principio BASF fabricaba tan sólo amoníaco y sulfato amónico, dejando de lado la transformación a ácido nítrico a pesar de que ya en 1839 F. Kuhlmann había demostrado la posibilidad de esta oxidación. De nuevo Ostwald recuperó este resultado, llevando a cabo algunos experimentos de oxidación de amoníaco con catalizador de platino en 1901, vendiendo sus resultados a Griesheim-Elektron, que de nuevo decidió descartar el proceso tras casi tres años de pruebas. Es probable que el tradicional método de obtención de nítrico a partir del nitrato fuera tan simple que nadie estuviera dispuesto a invertir en este nuevo y extraño proceso que requería amoníaco de alta pureza. Esto explicaría porque una pequeña firma, la *Gewerkschaft Lohringen* se quedó finalmente con la licencia de Ostwald. Desde 1908 en adelante oxidaron amoníaco en su planta de coque de Gerthe, cerca de Bochum. El proceso se vendió también a Nitrogen Products & Carbide Co. que en 1912 construyó dos plantas de oxidación en Inglaterra y Bélgica; todas ellas obtenían el amoníaco tratando cianamida con vapor. Cuando estalló la guerra y Alemania quedó aislada del nitrato chileno, la fábrica de Gerthe, con una capacidad de sólo 150 Tm mensuales de ácido nítrico al 53%, era la única factoría del país capaz de sintetizar esta materia esencial para la fabricación de explosivos. Aunque la solución técnica había estado al alcance de la mano durante años y sus industrias químicas producían ya mucho nitrógeno mediante varios procesos, Alemania vivió una escasez crítica de ácido nítrico durante los primeros meses de 1915. Durante el último año de la Primera Guerra Mundial, sin embargo, todo el amoníaco producido en la planta de Oppau se procesaba ya como ácido nítrico para la industria de municiones alemana.<sup>382</sup>

---

<sup>382</sup> Smil (2001), p. 111.

Pero no nos adelantemos al curso de nuestra narración; veamos ahora brevemente como afectaron los nuevos procesos sintéticos al campo de los fertilizantes. Aunque la mayoría de ramas de la química se habían visto profundamente transformadas por la electroquímica, la catálisis o alguna otra de las nuevas tecnologías, la preparación de fertilizantes permanecía inalterada por los cambios de la química aplicada. Los fabricantes de este sector dependían por completo de las costumbres de los agricultores; los excedentes, la distribución y los servicios de asesoramiento estaban estrechamente ligados a los requerimientos de los usuarios finales, y al contrario que en el resto de la industria química no había posibilidad de diversificar el mercado. Durante años la expresión “fertilizante de fábrica” había significado simplemente un producto: el “superfosfato”. Durante la guerra Alemania quedó también aislada de los fosfatos africanos, pero las minas de Lorena proporcionaron las cantidades necesarias, al igual que los depósitos de Anhalt y Hanover proporcionaron el potasio suficiente. El nitrato chileno se comercializaba directamente como tal. Aunque su producción era grande, las empresas de fertilizantes se habían quedado fuera de la corriente de innovación que recorría el resto de la industria química. La fijación del nitrógeno forzó el salto entre la vieja y la nueva industria de fertilizantes, cambiando la base técnica de la simple purificación y mezcla a una avanzada síntesis, transformando la base comercial de operaciones estacionales en una producción continua con sofisticadas técnicas de almacenaje y distribución. El suministro de fertilizantes nitrogenados procedentes de las fuentes tradicionales (guano, nitrato de Chile y sulfato amónico) se había multiplicado por 2,5 entre 1900 y 1913, pero la ruta de fijación atmosférica que Crookes había señalado en 1898 se encontraba aún en los comienzos de su desarrollo comercial al estallar la guerra. Sólo la cianamida estaba plenamente desarrollada a escala industrial, y aún así facturaba tan sólo 24.000 Tm anuales en Alemania aquel año (apenas un 12% de las necesidades del país),

resultando en la práctica muy inferior a los nitratos como fertilizante.<sup>383</sup> Como veremos en el apartado 3.2, la guerra proporcionó el impulso necesario para cambiar esta situación y abordar el desarrollo a gran escala del proceso Haber-Bosch.

### **Influencia de la industria química alemana en el extranjero.**

He creído interesante, antes de pasar a analizar el caso de la industria química norteamericana, dedicar un poco de atención a la influencia que el espectacular desarrollo de las empresas alemanas estaba teniendo en el extranjero. ¿Prestaban atención los químicos de otros países a los procesos de internalización de la investigación que se estaban dando en Alemania? ¿Veían necesario las industrias químicas trasladar estos procesos a sus propios países? ¿Cómo se distribuían los mercados de exportación y cómo podía verse afectada esta distribución con el estallido de la guerra? ¿Qué retroalimentación suponía todo esto para las propias empresas alemanas? Para intentar contestar estas preguntas he elegido atender a los dos países desarrollados con los que más relaciones científicas y económicas tenía la Alemania Imperial: Gran Bretaña y Estados Unidos. Aunque el mismo tipo de situación se dio en relación con otros países, especialmente Bélgica y Suiza, el énfasis en Gran Bretaña y Estados Unidos resulta razonable, pues tiene mucho que ver con los intentos de comprender la gran historia mundial que podría parecer, a primera vista, muy por encima del devenir de la industria química. Sin embargo la capacidad de las grandes potencias para embarcarse en aventuras militares durante las primeras décadas del siglo XX debe medirse también en términos de producción química, por lo que aquí me

---

<sup>383</sup> Haber (1971), p. 102.

centraré en la comparación con las dos potencias anglosajonas. Creo, así mismo, que este epígrafe puede servir de puente hacia el siguiente (la industria química norteamericana antes de la Primera Guerra Mundial) y ayudar a situarlo mejor en su contexto internacional.

En lo que se refiere a las fuentes, no he encontrado una bibliografía demasiado abundante que trate de forma específica la exportación de experiencia industrial o científica de Alemania a Gran Bretaña y los Estados Unidos. En referencia al caso británico cuento con Schröter, Travis, *An issue of different mentalities. National approaches to the development of the Chemical Industry in Britain and Germany*, en Homburg et.al (1998), cap.6 y Marsch, *Transferring strategy and structure: The German Chemical Industry as an exemplar for Great Britain*, en Lesch (2000), pp.217-41, además de un estudio de caso en Travis, *Heinrich Caro and Ivan Levinstein. Uniting the colours of Ludwigshafen and Lancashire*, en Homburg et.al. (1998), cap.14. Para incorporar la visión de un coetáneo sobre el asunto se puede consultar Fleming (1916). En cuanto a la influencia de la Industria alemana en Estados Unidos he utilizado fundamentalmente a historiadoras de la economía: Wilkins, *German Chemical Firms in the United States from the late 19th century to post-World War II* y Steen, *German Chemicals and American Politics 1919-1922*, ambas en Lesch (2000), pp. 285-346. Una de las autoras ha publicado un estudio mucho más amplio en Wilkins (1989). También dispongo de una reveladora perspectiva coetánea en Armstrong (1893), que no deja lugar a dudas acerca de la atención con la que se seguía desde Norteamérica la evolución de los laboratorios industriales alemanes.

Las razones por las que la industria de una nación es superada por la misma industria de otra nación rival son extremadamente complejas y a menudo desafían los argumentos economicistas, especialmente cuando la industria superada pertenece a un país económicamente muy avanzado. Sin embargo los estudios al respecto de la industria química, que a menudo se

remontan a las primeras etapas de la industrialización, aportan numerosas evidencias acerca del llamado “declive británico”. No se trató, por supuesto, de un declive absoluto, sino de una relativa ralentización de su crecimiento industrial comparado con el de otras naciones, particularmente agudo en sectores tecnológicos como la química, la electrotecnia o la mecánica de precisión. Aunque el sector financiero británico continuó floreciendo hasta la Gran Guerra, la pérdida relativa de capacidad industrial condujo a una notable disminución del poder y la riqueza nacionales, evidente en los años anteriores a la guerra.<sup>384</sup> La industria química británica fue la primera industria tecnológica importante en ser sobrepasada por Alemania; de hecho, durante los últimos setenta años este caso ha sido citado como el ejemplo paradigmático de declive y crecimiento industrial. La ley de patentes y otras legislaciones, los modos de financiación, la educación y la aplicación del conocimiento han sido utilizados como argumentos a la hora de explicar este hecho.<sup>385</sup>

En el segundo caso a analizar, el estadounidense, la industria química sufría también un gran retraso institucional y tecnológico respecto a Alemania, si bien en 1914 estaba, probablemente, más avanzada que Gran Bretaña en lo que se refiere a organizar y financiar la ciencia, la investigación y el desarrollo.<sup>386</sup> Como hemos visto en los apartados 1.2 y 2.2, en Norteamérica, al igual que en Alemania, un sistema organizado y continuo de investigación industrial se había desarrollado estrechamente unido a las industrias eléctricas y siderúrgicas desde aproximadamente 1900. Las empresas americanas contaban con elaboradas estructuras propias tras haber visto como las alemanas creaban amplias instalaciones internas de investigación y desarrollo, si bien sus estrategias corporativas diferían

---

<sup>384</sup> Pollard (1989).

<sup>385</sup> Haber (1958), cap. 9 y (1971), cap.2.2 y 6.1.

<sup>386</sup> Haber (1971), cap. 2.4 y 6.5. también Haynes (1954) y Hall (1954).

considerablemente de las análogas alemanas debido a las peculiaridades de ambas culturas y ambos mercados nacionales.<sup>387</sup>

Cuando hablamos de “modelos”, “ejemplares” o “imitaciones” no queremos decir que existan planes maestros para el éxito, directrices que cualquiera pueda seguir para alcanzar un grado de desarrollo equivalente al de su modelo. Las causas del éxito son siempre más oscuras, más lábiles y, quizá, más aleatorias que las del fracaso. Sin embargo la percepción del éxito por los competidores les lleva a buscar esas causas con la convicción de que creando estructuras similares conseguirán un éxito similar. Aunque no exista un modelo general y único de desarrollo industrial o tecnológico, es comprensible la tendencia a fijarse en el país que más éxitos ha cosechado en un determinado campo. No es de extrañar, por tanto, que industriales, políticos y científicos de diferentes ramas y países percibieran a Alemania como un modelo de desarrollo en el campo de la investigación y la industria químicas. No hay que perder de vista que la industria alemana de colorantes, a pesar de su enorme éxito, seguía siendo en 1900 una industria menor en cuanto a su peso sobre PIB,<sup>388</sup> que había crecido a lo largo de estrechos caminos con tecnologías muy relacionadas entre sí. A partir de entonces, con el fin de ganar en capacidad de innovación y competitividad, intensificó sus esfuerzos científicos e invirtió, como veíamos más arriba, en nuevas instituciones mixtas (KWG) que pudieran traer nuevos conocimientos, nuevas tecnologías, nuevos productos. El resultado fue el amplio sistema de innovación que otras industrias tomaron como modelo. Además, los alemanes no descuidaron inversiones en el extranjero para poder abrir las puertas de nuevos mercados, intentando salvar las respectivas legislaciones sobre patentes y aranceles. A partir de mediados de la década de los ochenta del siglo XIX las mayores compañías establecieron organizaciones de ventas

---

<sup>387</sup> Noble (1977) y Dupree (1986). También Hughes (1985, 1989).

<sup>388</sup> Lepsius (1913) y Haber (1971), cap. 2.2



en otros países y, más tarde, invirtieron en plantas e producción allí. Hasta 1914 las empresas alemanas tenían sucursales en todos los mercados importantes: 33 en Gran Bretaña, 28 en Estados Unidos, 27 en Francia, 22 en Rusia y 10 en el Imperio Austro-Húngaro. Algunas compañías, como Bayer en Francia o Estados Unidos, compraban pequeñas empresas autóctonas que luego modernizaban y ampliaban; otras, como Hoechst en Inglaterra o Agfa y ter Meer en Francia, erigían nuevas plantas desde cero.<sup>389</sup>

Un factor a tener en cuenta a la hora de hablar de las relaciones internacionales de la industria alemana en este periodo es la tendencia de sus políticas exterior y económica a buscar mayor independencia de las materias primas importadas (la idea de Ersatz que veíamos en el apartado 1.1). Esta tendencia, cada vez más visible de 1900 en adelante, tiene mucho que ver con el clima político internacional durante la era Guillermina, el creciente aislamiento de Alemania e incluso las preparaciones preliminares para una guerra que todo el mundo, tarde o temprano, esperaba.<sup>390</sup> El éxito de la química orgánica a la hora de sustituir productos naturales por sintéticos basados en el carbón allanó el camino a estrategias de autosuficiencia de otras industrias durante y tras la guerra. Como proclamaban los padres de la KWG, el conocimiento científico y la tecnología empezaban a ser capaces de sustituir a los imperios coloniales. De acuerdo con ello, el sistema innovador de la química empezó a ser transferido a otras ramas de la industria, aumentando el número de científicos e ingenieros empleados durante la guerra. Los gobiernos alemanes fueron un paso más allá declarando la autosuficiencia de importantes áreas industriales como una prioridad política a partir del plan Hindenburg, en 1916.<sup>391</sup>

---

<sup>389</sup> Marsch, (1994), p.28.

<sup>390</sup> Fischer, F. (1986)

<sup>391</sup> Strachan (2004).

### *El modelo alemán para Gran Bretaña.*

La industria química inglesa de finales del XIX consistía principalmente en grandes empresas dedicadas a la explotación y tratamiento de recursos mineros nacionales o coloniales mediante sencillos procesos inorgánicos. No encontramos en ellas el tipo de cooperación científica ni estrategia de mercado característicos de Alemania, ni la colaboración gubernamental que hubiera debido proporcionar incentivos legales o educativos. El gobierno británico no supo reaccionar ante las necesidades de su industria en el campo de las patentes; mientras que en Alemania la nueva ley de 1877 se consensuaba con la industria y el comercio, la anticuada legislación británica no protegía adecuadamente los productos o procesos químicos. Cuando una nueva ley fue finalmente aprobada en 1907, ya era demasiado tarde para que esta impulsara el desarrollo de una investigación privada nacional. El efecto de esta ley resultó incluso perjudicial, pues una de sus cláusulas, introducida con evidentes fines nacionalistas y estratégicos, permitía la licencia obligatoria de patentes extranjeras en caso de que éstas fueran importantes para la nación.<sup>392</sup> Como consecuencia de ello las dos *Interessengemeinschaften* (sociedades de intereses) alemanas cortaron sus programas de inversiones en Gran Bretaña, acabando con la última oportunidad británica de hacerse con plantas modernas y conocimientos prácticos sin una costosa intervención gubernamental.<sup>393</sup>

En cuanto al estado de la educación, muchos de los químicos que trabajaron en Inglaterra, entre los que destaca A.W. Hoffmann, eran alemanes o se habían educado en aquel país. La excepción más notable podría ser

---

<sup>392</sup> Haber (1971), cap. 2.2 y 6.1

<sup>393</sup> Marsch en Lesch (2000), pp. 217 y sigus.

William Henry Perkin, pero éste también fue alumno de Hoffmann en el Royal College of Chemistry. En las industrias inglesas el entrenamiento necesario era generalmente adquirido en la propia fábrica. El profundo conocimiento práctico basado en las nuevas teorías estructurales de la química orgánica que se impartía en las instituciones estatales alemanas a partir de 1870 se dejaba pasar de largo en Gran Bretaña, y la industria nacional apenas ofrecía salidas laborales a químicos con educación universitaria. Como buen discípulo de Liebig, durante su larga estancia en el Royal College Hoffmann fue siempre un abogado de las relaciones entre la ciencia y la industria, pero su impacto sobre la cultura científica británica terminó tras su marcha a Berlín. Después de 1870 la cooperación entre los mundos académico e industrial no fue nunca tan intensa como en Alemania. Sólo décadas más tarde, cuando la industria alemana dominaba el mercado mundial de sustancias sintéticas, se dieron plena cuenta los químicos británicos del precio de haber descuidado la aplicación de su disciplina fuera de los laboratorios académicos. Aunque los principales químicos británicos, Roscoe, Frankland, Armstrong, Ramsay, trabajaban a menudo como consultores puntuales para la industria, el estilo de cooperación que condujo al éxito en Alemania implicaba no sólo la transferencia de resultados sino también el intercambio de investigadores y proyectos.<sup>394</sup>

La normalización y los estándares, el control de calidad de los productos, causó muchos más problemas en Gran Bretaña que en Alemania. Cuando Hoechst emprendió su producción de índigo en Ellesmere en 1908 se encontró con problemas en los productos y la maquinaria que no había experimentado una década antes en Alemania. Tras largas pruebas los químicos de la firma concluyeron que los problemas provenían de la impureza de las materias primas adquiridas en Gran Bretaña; en consecuencia todas, y no sólo las más elaboradas, pasaron a ser importadas de Alemania.

---

<sup>394</sup> Brock (1997) y (1992), cap. 5, 8 y 11.

En 1897 Joseph Chamberlain, en nombre de la cámara británica de comercio, informaba de que los productos químicos alemanes eran de superior calidad a los producidos en Gran Bretaña debido a las avanzadas técnicas de producción y control que allí se empleaban. Tuvo que estallar la Gran Guerra para que los británicos empezaran a esforzarse en mejorar la calidad y uniformidad de sus productos, intermedios y materias primas, intentando imitar a los alemanes como en el caso de la secuestrada factoría de índigo que Hoechst había mantenido en Ellesmere.<sup>395</sup>

En el campo puramente económico, la presión competitiva en la industria química británica era mucho menor que en la alemana. Quizá por ello (recordemos las palabras de Duisberg acerca de la competencia) las compañías inglesas eran reacias a invertir en laboratorios dedicados a la investigación. El campo orgánico se dejó enteramente a las importaciones procedentes del otro lado del Mar del Norte.<sup>396</sup> En el campo inorgánico, donde la electroquímica de Griesheim-Elektron desarrollada en colaboración con la TH Darmstadt acabaría jugando un papel esencial, existían grandes empresas británicas como United Alkali Ltd. Co. o Brunner, Mond & Co.. Estas confiaban plenamente en el proceso Solvay, cuya licencia habían adquirido para sustituir al anticuado Leblanc, y no se preocuparon demasiado de diversificar o mejorar sus métodos de producción. Solvay, por su parte, era una compañía muy activa, con una gran visión del potencial económico que le proporcionaban sus avances técnicos. Esto le llevó a invertir en varios países, convirtiéndose en una multinacional en fechas muy tempranas; simultáneamente, la compañía belga realizaba fuertes inversiones en investigación y desarrollo, lo que le permitió seguir liderando el sector inorgánico a pesar de la diversificación alemana. En Gran Bretaña, tan sólo Castner-Kellner Alkali Co., fundada en 1895 por un emprendedor americano

---

<sup>395</sup> Travis en Homburg et.al. (1998), cap.14

<sup>396</sup> Schröter, Travis en Homburg (1998), cap.6.

y otro australiano, se preocupó de incorporar la nueva tecnología electroquímica, y aún así encontró bastantes problemas con el suministro y los precios de la energía eléctrica, debido a que la construcción de nuevas estaciones estaba limitada por ley en Inglaterra.<sup>397</sup> Las empresas británicas tampoco disfrutaron de la financiación que el sistema bancario alemán supo ofrecer, ni formaron asociaciones o cárteles que les permitieran invertir en proyectos a largo plazo amortiguando gastos y riesgos. Por el contrario, la toma de decisiones siguió restringida a los dos o tres propietarios, mientras que en Alemania las empresas salieron rápidamente a bolsa y el proceso de toma de decisiones se hizo mucho más complejo, basado en asesores técnicos y económicos. El modelo de administración británico era probablemente natural en una sociedad rica y un entorno liberal satisfecho con los beneficios procedentes de los mercados coloniales y las bien establecidas industrias de ingeniería pesada. El gobierno no tenía la tradición ni quería la responsabilidad de controlar la economía, y en consecuencia no desarrolló la visión necesaria para promover el crecimiento de industrias con base científica. Citando las palabras de Henry E. Armstrong en *Nature*,

“Nuestras viejas universidades no pueden hacer ya nada por ayudarnos. El individualismo que nos ha permitido conquistar y gobernar allí donde otras naciones han fracasado, resulta inútil en esta guerra industrial que libramos contra el pueblo mejor instruido del mundo, cuyas armas son la investigación y el método científico, y que ha sido lo suficientemente cuidadoso como para organizar la victoria.”<sup>398</sup>

---

<sup>397</sup> Haber (1958), caps. 4.5, 9 y 10.2

<sup>398</sup> H.E. Armstrong (1893), p.31 La traducción es nuestra.

Los esfuerzos británicos por conseguir una industria química similar a la alemana no comenzaron hasta que la guerra hizo sentir con fuerza las consecuencias del retraso tecnológico. En el intento por establecer una gran industria sintética en suelo nacional a partir de 1916, el gobierno y los industriales británicos analizaron cuidadosamente el modelo alemán y, si Gran Bretaña se embarcaba ahora en el gran esfuerzo de crear y mantener una industria química avanzada no era por razones comerciales sino estratégicas, resultado de las lecciones aprendidas de la guerra.<sup>399</sup>

*Estados Unidos. Las inversiones alemanas anteriores a la gran Guerra.*

A medida que la industria química alemana se desarrollaba en el último cuarto del siglo XIX y empezaba a penetrar con sus exportaciones mercados extranjeros, los Estados Unidos se convertían en un objetivo obvio por el tamaño de su mercado, su estilo de vida y su creciente familiaridad migratoria y académica con Alemania.<sup>400</sup> Como no podría ser de otro modo, las principales exportaciones de este periodo fueron los colorantes, en los que las aún pequeñas químicas norteamericanas no tenían ninguna experiencia. Durante el periodo 1870-1915 ninguna otra industria europea le llevaba tanta ventaja a su correspondiente americana, en ninguna otra fue tan dramática la contribución tecnológica extranjera. Dadas las altas tarifas para este tipo de productos Bayer, que exportaba allí desde 1865 mediante agentes de ventas independientes, estableció su propia agencia de importación en 1870 e

---

<sup>399</sup> Marsch en Lesch (2000), pp. 217 y sigus.

<sup>400</sup> Trommler, McVeigh (1985).

invertió en una pequeña compañía local, la “Albany Aniline & Chemical Works”, en 1871.<sup>401</sup>

En 1883, bajo la presión de los fabricantes textiles locales que clamaban por tintes baratos y de calidad, el gobierno norteamericano decidió eliminar la tarifa sobre los colorantes, por lo que Bayer y las otras químicas alemanas perdieron el posible interés por invertir en más plantas americanas. Sin embargo, a medida que el volumen de negocio crecía y el marketing se hacía más complicado, los alemanes aprendieron que necesitaban tener su propia infraestructura al otro lado del Atlántico, un grupo de delegados que organizara las ventas y asesorara técnicamente a los compradores. De este modo, aunque en 1914 aún no se sintetizaban alizarinas, antracenos ni índigo en Estados Unidos, cierto conocimiento tácito se fue extendiendo entre la industria textil y química del país.

A finales de siglo las empresas Alemanas empezaron a registrar sus patentes en Estados Unidos y expandir sus redes de ventas mediante oficinas propias en todas las grandes ciudades. BASF ostentaba la patente americana de la Alizarina desde 1870, y en 1914 registraba ya más de 500 patentes en aquel país. Bayer decidió abrir una planta de procesamiento en Rensselaer, cerca de Nueva York; en ella se preparaba para su distribución un 17% de todo el consumo norteamericano de colorantes. Aunque Bayer parece haber liderado la penetración alemana, todas las compañías disfrutaban de su cuota en el nuevo mercado. En una maniobra típica que evitaba problemas legales e impuestos, el inmigrante nacionalizado Adolf Kuttroff representaba los intereses de BASF en Nueva York, mientras que el hijo de alemanes Hermann Metz figuraba como presidente de Hoechst America. Agfa y Casella mantenían también sus propios agentes de ventas en varias ciudades.

---

<sup>401</sup> Wilkins en Lesch (2000), pp. 285 y sigus.

Acompañando a su diversificación doméstica, Bayer, Hoechst, Agfa y Casella vendían también productos farmacéuticos en los Estados Unidos. Este tipo de productos sí estaba sometido a altos aranceles, por lo que Bayer empezó a fabricar Aspirina y Fenacetina en suelo americano. En 1903 Carl Duisberg y Friedrich Bayer viajaron a Norteamérica con el fin de visitar las instalaciones de la compañía y conocer de primera mano la estructura de ventas en aquel país. Tras el viaje Duisberg ordenó ampliar y reconvertir la planta de Rensselaer para la fabricación de medicamentos; ésta empezó en 1905, aunque nunca fue suficiente como para cubrir la siempre creciente demanda americana, por lo que Bayer continuó con sus exportaciones desde Alemania. Los imprescindibles Salvarsán y Novocaína de Hoechst no llegaron a fabricarse en Estados Unidos antes de la guerra, pero Georg Merk, nieto del fundador de la empresa con ese nombre y ya ciudadano norteamericano, se encargó personalmente de poner en funcionamiento una fábrica de morfina y codeína en Nueva Jersey. En 1914, al contrario que el resto de compañías alemanas, casi todos los medicamentos comercializados por Merk se fabricaban en América, aunque los productos básicos, los intermedios y los propios procesos procedían de Alemania.<sup>402</sup>

Una resumida enumeración de otras empresas químicas alemanas presentes en Norteamérica antes de la guerra incluye los intereses electroquímicos de “Degussa”, la alimentaria “Heyden”, la tecnológica “Lindes Eismachinen” o la minera “Oberschlesische Kokswerke und Chemische Fabriken”. Todas estas compañías exportaron a Estados Unidos no sólo sus productos sino también su experiencia, introduciendo a los americanos en el estado de la química de alta tecnología. Las compañías enviaban a químicos alemanes que entrenaban a otros americanos para que trabajaran como agentes de ventas especializados o, en caso de regir factorías allí, como químicos de planta. A esta transferencia de conocimientos hay que

---

<sup>402</sup> Wilkins en Lesch (2000), pp.293.



añadir la que se producía gracias a la multitud de estudiantes avanzados que Norteamérica enviaba a Alemania. Entre ellos destacaron John U. Nef, William A. Noyes, Moses Gomberg (los tres doctorados con Baeyer en Munich), Phoebus A.T. Levene, W.A. Jacobs, Donald D. Van Slyke y Hans T. Clarke (que trabajaron con Fischer en Berlín). No es de extrañar que los estudiantes estadounidenses en Alemania y sus futuros alumnos una vez de vuelta en América, ejercieron una gran influencia sobre las industrias química, biomédica y alimentaria americanas, ejemplificando a la perfección los estrechos contactos existentes entre la investigación universitaria e industrial en aquel país.<sup>403</sup> Existía una transferencia efectiva de tecnología, aunque la joven y financieramente poco capaz industria química americana tuviera grandes problemas para absorber, aprender y adoptar estos métodos. Algunos críticos posteriores argumentaron que las prácticas de mercado y las patentes alemanas bloquearon la emergencia de una industria química americana diversificada y tecnológicamente capaz, pero existe una gran diferencia entre bloquear y competir.<sup>404</sup> Los negocios americanos estaban industrializando el país rápidamente en todos los sectores, pero no encontraban ningún estímulo para invertir en campos en los que Alemania contaba con una gran ventaja y precios bajos. ¿Por qué no comprar sus productos en una época de paz y libre mercado? Los alemanes vendían marcas, no genéricos; marcas registradas en Estados Unidos que se publicitaban en base a su calidad y fiabilidad, generando una demanda propia. Además, las licencias rentables se podían comprar como hicieron, por ejemplo, Dow con Griesheim o Monsanto con Heyden en sus primeros años de vida. Aun así, algunos mercados estratégicos quedaron bajo estricto control norteamericano a través de acuerdos de mercado; por ejemplo, no existieron nunca inversiones ni exportaciones

---

<sup>403</sup> Stolzenberg en Lesch (2000), pp. 87-9.

<sup>404</sup> Steen en Lesch (2000), pp. 323 y sigus. y Brown (1968).

alemanas de explosivos, que quedaban para compañías autóctonas como DuPont.<sup>405</sup>

Al estallar la guerra Norteamérica estaba lejos de contar con una industria química desarrollada; el país contaba con tan sólo siete plantas de colorantes, de las cuales la Bayer de Rensselaer era la tercera en volumen. Las siete dependían de intermedios alemanes y facturaban apenas 2,5 millones de dólares. No hay que olvidar el hecho de que el 75% de los colorantes consumidos en todo el mundo provenían de Alemania. Para todos los propósitos prácticos, Estados Unidos era un importador de “fine chemicals”, pero las empresas alemanas habían traído, poco a poco, su tecnología y procesos productivos en electroquímica, medicinas purificación y control de calidad. La posición americana era bastante mejor en el campo de la química pesada: Los recursos mineros, el establecimiento de compañías “Solvay” y la adquisición en 1906 de la licencia de BASF para el proceso de contacto por parte de la “American General Chemical Co.” hicieron despegar las industrias de sosa y ácido sulfúrico. Finalmente, los nitratos chilenos fluían sin interrupción ni amenaza, garantizando la producción de fertilizantes y ácido nítrico para los explosivos de DuPont y Nobel.<sup>406</sup>

Hasta cierto punto, sorprende que esta importación de tecnología (“expertisement import”) proviniera de Alemania y no de Gran Bretaña, aliada y antaño metrópoli de Norteamérica. Es otro de los casos en los que queda patente la especial relación que existía en ámbitos económicos y académicos entre alemanes y estadounidenses, dos recién llegados a la plana mayor de las potencias mundiales, cuyas perspectivas de futuro a principios del siglo pasado nos pueden recordar, salvando las diferencias y las épocas, a las que actualmente promete un país como China.

---

<sup>405</sup> Buchanan (2006).

<sup>406</sup> Haber (1971), cap. 2.4 y 6.5.

Al examinar el clásico de Lutz Haber (hijo de Fritz) sobre la industria química mundial durante las primeras décadas del siglo XX no deja de sorprender como incluso un historiador económico tan austero, tan volcado en las cifras de beneficios, producción y empleo, no puede evitar enfocar esta historia a través de la guerra que vendría. Mediante la mirada retrospectiva que constituye quizá la diferencia más profunda entre la historia y el periodismo, aunque siempre con cautela para no cometer anacronismo, la amenaza de guerra y bloqueo aparece como un factor explicativo crucial para entender el comportamiento, las arriesgadas apuestas, las inversiones en investigación y los modelos de diversificación de las compañías alemanas en los años inmediatamente anteriores a la contienda. Durante los mismos años en los que los padres de la KWG recurrían a la idea de competencia internacional para atraer apoyos políticos y financieros hacia su proyecto de futuro, las empresas químicas comienzan a profesar una ideología que supera la rivalidad comercial y alcanza la internacional. En pocos meses el tiempo les daría la razón: Se convertirían, al igual que Krupp, en empresas de estado; se convertirían, rápida y fácilmente, en el corazón de la industria bélica alemana. Y lograrían hacerlo gracias a sus esfuerzos científicos y productivos anteriores a la guerra; gracias también a las conexiones preexistentes con la ciencia académica y con las instancias gubernamentales, con el protagonismo de mediadores como Fischer o Duisberg. Y es que, según una de las tesis que me guían en este trabajo, la implicación en una guerra contemporánea exige un fondo industrial y científico imposible de improvisar una vez iniciadas las hostilidades; ha de prepararse mucho antes, tal y como, de forma no del todo inconsciente, hicieron los químicos alemanes desde la década de 1890.

## 2.4 La industria química estadounidense antes de la Gran Guerra

“[Necesitamos] un laboratorio fuerte, capaz de llevar a término investigaciones originales e innovar radicalmente con nuevos productos que permitan mantener la dependencia de los militares y controlar las especificaciones y requerimientos de las adquisiciones del ejército.”

F. DuPont, 1903.<sup>407</sup>

Además del imprescindible Haber (1958 y 1971), para estudiar el caso de la industria química estadounidense en torno al cambio de siglo cuento con el extensísimo y meticuloso Haynes (1954), una detallada narración en cuatro volúmenes repleta de datos en bruto. Chandler (2005) atiende a la evolución de la industria química y farmacéutica (*fine chemicals*). En lo que se refiere a DuPont, Taylor y Sudnik (1984) analizan la gestión empresarial de DuPont y sus relaciones internacionales, mientras que Hounshell y Smith (1988) se centran en la incorporación de la ciencia y el funcionamiento de los laboratorios de la empresa. Dorian (1961) o Wall (1990) narran la historia profesional de la familia DuPont en las décadas clave de crecimiento de la compañía. La historia de la industria de los explosivos es trabajada por Buchanan (2006) o Wilkinson (1984), además de Worden (1911) o van Gelder y Schlatter (1927), lo que permite comparar la evolución en el tratamiento del tema entre coetáneos del periodo y contemporáneos nuestros. El caso específico de la industria petrolífera es estudiado extensamente por Enos (1962). Para situarse en un contexto más general, Hall (1954) y Vagtborg (1976) aportan un panorama del desarrollo de los laboratorios de

---

<sup>407</sup> DuPont Executive Committee Minutes, July 21 1903, DuPont Historical Archive, Hagley Museum and Library, Willmington (Delaware). La traducción es nuestra.

investigación y la aplicación de la ciencia en los principales sectores de la industria. Mediante Hamor (1915) y Robertson (1915), coetáneos, es posible analizar como se valoraba el despegue de la investigación industrial a gran escala mientras los Estados Unidos debatían su posible entrada en la guerra europea.

Como describiré a continuación, a principios del siglo XX existía una gran descompensación entre el desarrollo científico y tecnológico de la química en Alemania y Estados Unidos. En este último país la industria química estaba mucho menos desarrollada que la eléctrica (el otro gran sector con base netamente científica en 1900) y la rama de “fine chemicals” (química orgánica sintética) estaba completamente dominada por las importaciones, inversiones y patentes alemanas. Sin embargo, Estados Unidos contaba con una importante base en los sectores estratégicos de explosivos y petróleo, una base que se demostraría fundamental como núcleo de cristalización para una industria química potente y desarrollada, una vez que las condiciones impuestas por la guerra favorecieron el crecimiento y obligaron a invertir beneficios en investigación para paliar los efectos del embargo sobre los productos alemanes. Las escasas instalaciones de investigación científica de las que disponía el sector privado antes de la guerra se encontraban en la compañía de explosivos DuPont de Nemours. Resulta, cuando menos, significativo desde nuestra perspectiva que esta firma hubiera decidido invertir modestamente en investigación a causa de los requerimientos del ejército para los nuevos tipos de explosivos basados en la nitrocelulosa. El hecho de estar centrada en este mercado obligó a DuPont a mantenerse al día de los avances técnicos que se realizaban en Europa, así como a cultivar buenas relaciones con su principal cliente: el estamento militar estadounidense, circunstancias que colocaban a DuPont en una posición de salida inmejorable para sacar provecho de la guerra que estaba a punto de

estallar. Al contrario que otras industrias norteamericanas dedicadas a la química pesada (sosa, sulfúrico...), DuPont se veía obligada a mantenerse en el frente tecnológico de su sector debido precisamente a su dependencia de los militares, dibujando automáticamente uno de los lados del triángulo de relaciones ciencia-industria-guerra que utilizamos como guía conceptual en este trabajo. Además, el hecho de que los nitratos sean la materia prima fundamental en la fabricación de explosivos hizo que más tarde resultara natural para DuPont la exploración de las vías sintéticas de nitrógeno que se habían desarrollado en Alemania. De la misma forma, los laboratorios dedicados a la nitrocelulosa (pólvora sin humo) constituirían una apropiada base para iniciar las investigaciones en química orgánica. Por todo ello, en este apartado analizaremos, por analogía con el caso alemán, el inicio de las relaciones entre la ciencia académica, la industria privada y el ejército a través del caso (único para Estados Unidos) de la compañía DuPont, y veremos cómo nació el pequeño proyecto de investigación que nuclearía el crecimiento de la ciencia química industrial estadounidense ya avanzada la Gran Guerra. Pero antes nos pondremos en contexto repasando brevemente la situación general de la industria química en Estados Unidos a finales del siglo XIX con el fin de hacernos una idea del panorama alrededor de 1900.

Al contrario que en Alemania, donde el gobierno favorecía una “cartelización” efectiva de los sectores industriales con el fin de consolidar recursos para la exportación, en Estados Unidos la ley Sherman de 1890 establecía claras barreras legales para la consolidación de cárteles.<sup>408</sup> Esta diferencia tendría un marcado efecto en la estructura de la industria química en ambos países a comienzos del siglo XX: por lo que a los clientes y competidores extranjeros tocaba, el “cartel químico alemán” funcionaba como una única empresa; su progresiva consolidación como I.G. Farben entre 1916 y 1925 sería percibida desde Norteamérica tan sólo como una

---

<sup>408</sup> Haynes (1954), vol. 1, cap. 22 y vol. 2, cap. 1 y 2.

reorganización interna.<sup>409</sup> Al igual que para el grupo británico de explosivos Nobel, para las firmas alemanas el mayor mercado potencial en el exterior a finales del XIX eran ya los Estados Unidos, un país en vertiginoso crecimiento tanto económico como demográfico: quien consiguiera desarrollar y dominar este mercado dominaría sin duda la industria química internacional.

La industria química norteamericana compartió el rápido crecimiento de la economía general tras la Guerra Civil: el capital invertido creció de 206 a 1500 millones de dólares entre 1880 y 1910 (en dólares constantes) y el volumen de producto se multiplicó por un factor superior a diez en el mismo periodo<sup>410</sup>. El sector era relativamente pequeño en comparación con el textil o el acero (cada uno de ellos con unos 5000 millones de dólares en capital invertido en 1910) pero su crecimiento era sorprendente si tenemos en cuenta que se hizo casi totalmente mediante la reinversión de beneficios, puesto que los bancos estadounidenses, como los de cualquier otro país salvo Alemania, se cuidaban mucho de conceder crédito a un sector en el que tanto los procesos como los bienes de equipo quedaban obsoletos con gran rapidez.

El conjunto de la industria en Estados Unidos exhibía características peculiares que reflejaban su propio modelo de crecimiento, pero también la estructura de los mercados mundiales. Aparte de DuPont en explosivos y General Chemical Company en sulfúrico, las mayores compañías americanas se dedicaban entonces a los procesos relativamente simples implicados en la fabricación de fertilizantes a partir de fosfatos; éstas últimas tendrían serios problemas para sobrevivir a las innovaciones tecnológicas (nuevas fuentes de fertilizantes nitrogenados) después de la Guerra. Ni en tintes, ni en medicamentos, ni en sosa, los principales campos de las grandes químicas europeas, tenían los norteamericanos alguna presencia digna de mención

---

<sup>409</sup> Haber (1971), cap.2, 2.4.

<sup>410</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.14.

antes de la Primera Guerra Mundial, en gran medida debido a que los europeos habían colonizado muy temprano el mercado americano. La presión de la industria textil había conseguido del gobierno, ya en 1883, un recorte muy significativo de los aranceles sobre tintes importados, abriendo así el camino para que los exportadores alemanes se hicieran con el mercado y con la mayoría de patentes útiles para Estados Unidos. En 1914 el país importaba más del 90% de los tintes que necesitaba y la mayoría de plantas de química ligera dependían por completo de productos intermedios alemanes.<sup>411</sup>

Una de las escasas productoras norteamericanas de intermedios orgánicos era una empresa del medio oeste fundada en 1840 por Eugene Grasselli, químico italiano formado en Alemania, que emprendió un negocio diversificado con base en el sulfúrico y consiguió crecer abasteciendo de intermedios al mercado regional de fertilizantes y refinerías de petróleo. Grasselli fue un caso bastante típico dentro del mundo industrial americano en el sentido de que basó su expansión en la diversificación de productos más que en la especialización o a la integración vertical. Una excepción a esta norma fue la fusión, en 1899, de doce firmas productoras de sulfúrico para formar la General Chemical Company con un capital de 14 millones de dólares, prácticamente igual al de DuPont por aquel entonces.<sup>412</sup>

En resumen, a principios del XX las compañías químicas americanas (salvo General Chem.) eran negocios familiares que operaban a una escala relativamente pequeña, a nivel del mercado doméstico, que se financiaban mediante recursos propios y que no tenían grandes pretensiones de innovar ni en ciencia ni en tecnología. Sin embargo, en este momento la compañía de explosivos DuPont empezó a desarrollar las innovaciones técnicas, financieras y organizativas que le permitirían dar un paso al frente y aprovechar la gran oportunidad de negocio que supondría la Gran Guerra.

---

<sup>411</sup> Haynes (1954), parte III. Tintes: cap. 19.

<sup>412</sup> Haynes (1954), vol I, cap.16.



En el periodo que nos ocupa, la industria de los explosivos vivió más transformaciones que ningún otro campo de la química con excepción de los tintes. El desarrollo de la dinamita, la pólvora sin humo y los detonadores afectó de forma significativa a la fabricación y usos de los explosivos, obligando así a las empresas productoras a adaptarse a las nuevas técnicas y materiales. A mediados del XIX la producción de pólvora negra implicaba la utilización de salitre refinado (nitratos), carbón y azufre, materias primas fácilmente accesibles para los mercados europeo y norteamericano. Algunos gobiernos mantenían plantas de producción para satisfacer las necesidades militares, pero la mayor parte del mercado estaba ya bajo control de los productores privados. Durante el medio siglo siguiente estas empresas, inicialmente pequeñas, tuvieron que concentrarse a medida que la tecnología cambiaba y obligaba a adquirir patentes e importar materias escasas, lo que exigía mayores inversiones y mercados estables, cautivos. En Europa un grupo de tales empresas asociadas establecieron el famoso conglomerado Nobel, que controlaría el mercado continental y buena parte del mundial. En los Estados Unidos la mayor compañía era DuPont de Nemours, que había consolidado su posición dominante durante la Guerra de Secesión. En 1897 el grupo Nobel y DuPont firmaron un acuerdo que, de facto, repartía los mercados mundiales de explosivos, protegiendo el mercado doméstico norteamericano de la penetración del gigante europeo.<sup>413</sup>

La posición dominante de DuPont en el mercado nacional venía dada menos por el liderazgo tecnológico que por la acertada reinversión de los beneficios obtenidos con la minería, la expansión del ferrocarril, las Guerras Indias, Mexicanas y la de Secesión. Las primeras generaciones de DuPont decidieron concentrar estos beneficios en la expansión de la producción, el

---

<sup>413</sup> Industria de los explosivos en Buchanan (2006), Wilikinson (1984) y Haynes (1954), vol. III, cap.14.

desarrollo del mercado y el cultivo de los contactos en las esferas oportunas de la política y el estado<sup>414</sup>. Si atendemos sin embargo a los aspectos tecnológicos de su desarrollo, podemos identificar un antes y un después del inicio de la producción de pólvora sin humo, un paso que afectaría significativamente a la posterior decisión de expandirse hacia otros campos de la química. La pólvora sin humo y su ingrediente clave, la nitrocelulosa (celulosa de algodón tratada con ácidos nítrico y sulfúrico, llamada significativamente en inglés “guncotton”, “algodón de cañón”), provenían de los estudios de un químico suizo, August Schonbein, que alrededor de 1845 investigaba las fibras vegetales. De las investigaciones posteriores sobre el material se consiguieron desarrollar, a lo largo de las tres décadas siguientes, los primeros plásticos y fibras sintéticas; también una forma diluida de nitrocelulosa que mantenía el enorme poder explosivo pero era tan estable como para ser utilizada en artillería.<sup>415</sup>

En 1889 el ejército de Estados Unidos se dirigió a DuPont para encargar una prospección acerca de las posibilidades de producir pólvora sin humo en suelo norteamericano. Uno de los directivos más jóvenes, Alfred I. DuPont, fue enviado a Europa, convirtiéndose en el primero de los muchos agentes de la compañía que viajarían en los años siguientes en busca de nuevas tecnologías. Con la información que Alfred pudo recopilar, DuPont desarrolló su propia versión de la pólvora sin humo en un rudimentario laboratorio de Nueva Jersey entre 1890 y 1894. Uno de los investigadores encargados fue el propio Pierre DuPont, recién graduado en el MIT y a la sazón hijo del directivo Lammot DuPont I. La producción a gran escala aún no era viable en las plantas de DuPont cuando estalló la guerra con España en 1898, por lo que la compañía se concentró en producir la tradicional “pólvora marrón” mediante un proceso cuya licencia había comprado a la

---

<sup>414</sup> Taylor, Sudnik (1984), cap. 1. También Wall (1990).

<sup>415</sup> Buchanan (2006), cap. 17, 18. y Worden (1911), pp. 898 y sigus.

alemana Köln-Rottweiler años antes. Sin embargo, tras la “espléndida pequeña guerra” la pólvora sin humo de nitrocelulosa se convirtió rápidamente (y con financiación del ejército) en el principal explosivo de uso militar fabricado por DuPont. Aunque la principal fuente de ingresos seguía siendo la dinamita que enviaba a Panamá para la construcción del canal, la nitrocelulosa era un artículo que rendía un alto beneficio: En virtud de su cooperación con el cuerpo de artillería, DuPont se hizo con el monopolio de la producción para el ejército entre 1900 y la entrada estadounidense en la Gran Guerra, en 1917. En este periodo, la búsqueda de nuevos campos de aplicación para el producto y sus intermedios o derivados propició nuevos esfuerzos de investigación interna.<sup>416</sup>

En 1902 un trío de primos DuPont (Alfred, Thomas Coleman y Pierre) se hizo con el control de la empresa, iniciando una era de cambios y crecimiento mediante la introducción de nuevas estrategias de gestión y de diversificación desde los explosivos hacia la química general. Aunque no era una “gran empresa americana” en el sentido de US Steel o Standard Oil, sí que era la firma dominante en un mercado estratégico. El grado de continuidad y la persistencia de una mentalidad de empresa familiar en un negocio tan grande eran características inusuales ya en esta época pero, como veremos, supusieron una ventaja para DuPont a lo largo de las décadas siguientes.<sup>417</sup>

Los tres primos presentaban talentos complementarios. Alfred era un hombre orientado hacia la producción: había negociado las patentes de nitrocelulosa en Europa y dirigido la expansión durante la guerra hispano-estadounidense. Pierre había recibido una educación técnica y científica en el MIT, en la nueva línea americana descrita más arriba, que incluía la contabilidad y la gestión de empresas. Thomas Coleman, por su parte, tenía

---

<sup>416</sup> Taylor, Sudnik (1984), cap. 2, 3.

<sup>417</sup> Dorian (1961).

ya una larga experiencia en el mundo de los negocios. La profunda revisión de los activos de la compañía que dirigieron al inicio de su mandato les hizo percatarse de que disponían de un capital mucho más amplio que el estimado por la dirección anterior, con el que decidieron hacerse rápidamente con el control de varias firmas competidoras en el campo de los explosivos. De esta manera DuPont consiguió establecer en la industria americana de los explosivos el tipo de control directo y la coordinación que Duisberg estaba intentando en vano conseguir para la industria de tintes en Alemania. A principios de 1903 los DuPont ya estaban embarcados en el siguiente paso: una completa reorganización administrativa con el fin de concentrar la producción, expandir el rudimentario laboratorio de investigación de Repauno bajo la dirección del químico Charles Reese y establecer una nueva “estación experimental” dedicada al control de calidad en Brandywine (Nueva Jersey), reflejando la importancia que Pierre otorgaba a la ciencia. El control de la producción se dividió en tres departamentos (pólvora, dinamita y nitrocelulosa) bajo la dirección de Alfred. También se centralizó el control de compra de materias primas, el transporte de productos y los departamentos de ingeniería y mantenimiento. Para alojar el nuevo “cuartel” centralizado, Coleman adquirió un gran edificio de oficinas en Wilmington (Delaware), que aún hoy sigue siendo la sede central de la compañía. También se centralizó el control sobre el marketing y las ventas, contratando una fuerza de ventas en exclusiva y proporcionándole una buena formación técnica que les capacitara para desarrollar el mercado y atender las necesidades de los clientes. Todo este proceso de transición estaba virtualmente terminado para finales de 1904.<sup>418</sup>

Mientras tanto, DuPont no cejó en su estrategia de eliminar la competencia mediante absorciones e intentar diversificar las salidas de su nitrocelulosa. La adquisición más importante en este sentido fue la

---

<sup>418</sup> Taylor, Sudnik (1984), cap. 1,2.

International Smokeless Powder and Chemical Company, que había pujado contra DuPont por contratos militares y comenzaba introducirse en el negocio de las lacas y pinturas cuando fue adquirida, en 1904.<sup>419</sup> Esta política constituyó la base para una demanda “anti-trust” del gobierno contra DuPont en julio de 1907, la primera de muchas que la compañía tendría que encarar durante las décadas siguientes y que condicionarían su política de inversión y diversificación.

Como principal suministrador de explosivos al ejército, DuPont siempre había cultivado buenas relaciones con las altas esferas militares y había asumido la responsabilidad estratégica de desarrollar la producción de nitrocelulosa en Estados Unidos a instancias del estamento militar. Además, varios miembros de la familia tenían aspiraciones políticas: Henry A. DuPont fue elegido senador en 1906, con Coleman como asistente, y designado miembro del comité senatorial para asuntos militares poco después. Sin embargo, esta influencia se demostró insuficiente ante el Departamento de Justicia y la creciente presión reformadora de la denominada “era progresista” de Theodor Roosevelt. Las reformas incluían una orden del congreso en 1906 para la construcción de una planta gubernamental de nitrocelulosa con el fin de complementar el abastecimiento del ejército y ayudar a controlar los precios y contratos con los fabricantes privados (es decir, exclusivamente con DuPont). Esta amenaza de recorte en el negocio que suponía el ejército contribuyó significativamente a la decisión de la compañía de diversificar más allá de los explosivos. Llegado este punto, Coleman movilizó todos sus recursos políticos estableciendo un Lobby permanente en Washington bajo la dirección de Edmund Buckner, encargado del departamento de ventas a los militares. Altos oficiales de artillería fueron inducidos a hablar en favor de DuPont ante los comités técnicos encargados de la decisión. Finalmente, la orden fue aprobada por el congreso en 1909 con un presupuesto muy

---

<sup>419</sup> Haynes (1954), vol. I, cap.19

rebajado y habiendo sido eliminadas todas las restricciones respecto de los contratos del ejército con productores privados<sup>420</sup>.

Mientras tanto, el proceso anti-trust continuaba su marcha en los tribunales. En Junio de 1911 la corte federal decidió que las adquisiciones de DuPont violaban la ley anti-trust Sherman de 1890, lo cual suponía una amenaza de disolución de toda la organización que los primos DuPont habían construido desde 1902. Por suerte para ellos, pronto quedó claro que, habiendo conseguido su victoria simbólica ante el trust y pudiendo exhibirla ante la opinión pública, el gobierno no intentaría forzar una reorganización drástica de un sector estratégico como la industria de los explosivos. Por el acuerdo final de enero de 1913 DuPont se dividiría en tres partes, creando dos nuevas compañías supuestamente independientes, Hercules y Atlas, que se repartirían los mercados de pólvora y dinamita, en vías de obsolescencia. La central de ambas permanecía en Wilmington y los accionistas de DuPont mantenían el control efectivo. La producción de nitrocelulosa seguía enteramente en manos de DuPont gracias a la intervención de altos mandos del cuerpo de artillería, que insistieron en que este material estratégico debía ser suministrado por un único fabricante para asegurar el control de calidad. Este acuerdo se demostró crucial para el futuro de DuPont: en menos de dos años la compañía se convertiría en uno de los principales suministradores de municiones para los aliados. Los enormes beneficios así acumulados financiarían la expansión y diversificación en varias áreas de la química, una estrategia que la amarga experiencia del proceso anti-trust aconsejaba emprender como seguro de supervivencia para el futuro. El hermano menor de Pierre, Lamot II, otro egresado del MIT, observó más tarde que

“el proceso nos hizo comprender que ya no había más posibilidades de expandirse en el negocio de los explosivos... y constituyó una importante

---

<sup>420</sup> Taylor, Sudnik (1984), pp.31-32

influencia en la decisión de ramificar la compañía en otras áreas e invertir en la industria automovilística.”<sup>421</sup>

La experiencia de afrontar un proceso legal con gran parte de la opinión pública en contra despertó en los ejecutivos de DuPont la innovadora determinación de movilizar un aparato de relaciones públicas y publicidad para crear una imagen más favorable. Aunque este intento no siempre tuvo éxito (nos referimos a la mala imagen de todas aquellas empresas, “merchants of death”<sup>422</sup>, que hicieron grandes negocios con la guerra) fue el inicio de un esfuerzo ininterrumpido por combinar las maniobras de presión política en Washington con una intensa publicidad de DuPont como creadora de “mejores productos para una vida mejor a través de la química”<sup>423</sup>. Como veremos más abajo, esta política de imagen tuvo un capítulo muy interesante en la primera gran posguerra, en relación con la guerra química y las patentes de las empresas alemanas.

Por otro lado, uno de los efectos inmediatos del proceso anti-monopolio fue la renegociación de los acuerdos internacionales con productores de explosivos extranjeros para evitar más dificultades legales. A lo largo de las tres décadas siguientes, y para desesperación de sus contrapartes británicas o europeas, los directivos de DuPont insistirían en acuerdos que no pudieran ser interpretados como restricciones de mercado por las cortes de justicia estadounidenses.<sup>424</sup>

El acuerdo de 1897 con Nobel era puramente defensivo, limitándose a bloquear el mercado americano. Los cambios en la compañía a partir de 1902 afectaron también a la perspectiva sobre las relaciones internacionales: por

---

<sup>421</sup> Burk (1990), p.17.

<sup>422</sup> Engelbrecht, Haninghen (1934).

<sup>423</sup> “Better things for better living through chemistry” se convirtió en lema comercial de la compañía.

<sup>424</sup> Relaciones internacionales de DuPont en Taylor, Sudnik (1984), es este caso cap. 3.

primera vez los directivos de DuPont contemplaban el negocio de la exportación. Un factor no desdeñable en este cambio de mentalidad fue el establecimiento de un Departamento de Desarrollo permanente con la responsabilidad de diseñar la estrategia de producción de la compañía a largo plazo, lo que despertó la conciencia del calado internacional de las operaciones. En 1903, por ejemplo, durante la revisión del abastecimiento de materias primas, el Departamento de Desarrollo llegó a la conclusión de que la compañía era muy vulnerable a una posible interrupción del flujo de nitratos desde Chile, recomendando la compra de minas de nitratos en ese país para asegurar su independencia de intermediarios, que habitualmente eran británicos o alemanes. Pierre DuPont se ocupó del asunto satisfactoriamente en su viaje por Latinoamérica de 1904, además de asegurar para la compañía estos mercados, dejando claro que DuPont estaba dispuesta a seguir su propia versión de la política Monroe.<sup>425</sup> Sin embargo, Pierre tenía claro que, a largo plazo, el acuerdo y la cooperación con Nobel serían más provechosos; así, en los años siguientes, a medida que DuPont diversificaba su producción, continuó aplicando este principio que resultó, en efecto, esencial para el éxito tecnológico, asegurando el acceso a tecnología extranjera. El interés de los norteamericanos en la tecnología europea (no sólo en el campo de los explosivos, sino también ya en todas las posibles aplicaciones de la celulosa) allanó el camino para un nuevo acuerdo que parecía poder evitar los problemas con las leyes anti-monopolio. El nuevo acuerdo negociado con Nobel en 1907 eliminaba toda referencia a la división territorial de los mercados pero incluía un acuerdo de intercambio de patentes y procesos que incluía restricciones en las licencias para determinados países, en paralelo con los intereses territoriales de cada compañía. Los potenciales beneficios en cuanto a adquisición de tecnología implícitos en este nuevo

---

<sup>425</sup> Haynes (1954), vol. II, cap. 6,7.



reparto encubierto de mercados se revelarían como verdaderamente importantes en un futuro no muy lejano.

De forma significativa, los contactos se mantuvieron con representantes británicos de Nobel, no con la rama alemana de la empresa. A partir del acuerdo de 1907 y con motivo del intercambio técnico, se establecieron relaciones personales cercanas y duraderas entre Wilmington y Londres. El 2 de Julio de 1914, en vísperas de la Guerra, ambas partes llegaron a un nuevo acuerdo, más amplio, para el intercambio de patentes, licencias y bienes de equipo. En unos meses, con los gobiernos aliados inundando a DuPont de pedidos de explosivos para uso militar, los norteamericanos tuvieron que suspender unilateralmente este acuerdo para evitar acusaciones de “mala fé” tanto por parte de la justicia estadounidense como de la rama alemana de Nobel. Sin embargo, en cuanto las relaciones se reestablecieron tras la guerra, DuPont y la Nobel británica (como parte ahora de Imperial Chemical) tenían ya una gran experiencia en este tipo de transferencia tecnológica, una circunstancia que condicionaría la forma que iba a adquirir el mercado internacional de la industria química.

Una vez visto el contexto empresarial, en lo que resta de este capítulo, nos centraremos en la parte más técnica de los cambios llevados a cabo en DuPont a partir de 1902: Intentaremos describir y comprender cómo se iniciaron las vías de diversificación y cómo se organizó el programa de investigación y desarrollo en el que se apoyaban. Para ello resultarán fuentes imprescindible Haynes (1954) vol.I, cap. 22 y 24, vol.III, cap. 15 a 18 y 24 a 26, además de, por supuesto, la exhaustiva monografía de Hounshell y Smith (1988) cap.1 y 2, en la línea de Cahan (1989) o Johnson (1990) en cuanto a enfoque y estilo, cuyo marco analítico compartimos.

En ese año de 1902 se estableció el *Eastern Laboratory*, la primera instalación de DuPont completamente liberada de responsabilidades de producción y con la misión específica de mejorar los explosivos de la compañía mediante la investigación científica. Hasta entonces, sólo la General Electric tenía instalaciones análogas en los Estados Unidos. El nuevo laboratorio tenía como director a Charles L. Reese, doctor en química por la Universidad de Heidelberg (1886), con experiencia tanto académica como industrial.

Poco después, en 1903, el comité ejecutivo autorizó el presupuesto para establecer una segunda infraestructura de investigación, la *Experimental Station*, que inicialmente iba a ser tan sólo un pequeño laboratorio para examinar propuestas provenientes de inventores independientes. Pronto y en respuesta a los cambios en la política del gobierno que se han descrito más arriba, la función de la estación experimental cambió radicalmente. Ante la amenaza de una planta gubernamental de nitrocelulosa que se encargara de abastecer las necesidades militares, los primos DuPont decidieron que la estación sería un instrumento para estar siempre por delante de las capacidades tecnológicas gubernamentales. De este modo, los militares seguirían dependiendo de DuPont para estar a la última en explosivos y conocimientos. La *Experimental Station* se transformó así en el laboratorio general de la compañía, encargado de explorar cualquier posible avance en explosivos y nuevos desarrollos en campos relacionados con la celulosa.

La diferencia en el enfoque y la evaluación de los resultados de ambas instalaciones de investigación condujeron pronto a un conflicto sobre la gestión de la investigación dentro de la compañía: ¿Se debía organizar la investigación en líneas departamentales como en el *Eastern lab.* o de forma centralizada como el la *Experimental St.*? Éste sería el primero de muchos debates sobre el tema a lo largo de los años. El comité decidió entonces no modificar la estructura y expandir la capacidad operativa de ambos

laboratorios hasta el final de la década. Pronto quedó claro que la investigación estrictamente ligada a la producción que se desarrollaba en el *Eastern* proporcionaba buenos resultados inmediatos mientras que la más general, menos enfocada de la *Experimental St.* no ofrecía aún ventajas muy claras. Su valor quedaría demostrado de forma evidente tan sólo tras su primera década de funcionamiento; sin embargo, era ya una institución importante –intocable– dentro de la compañía. Además, para dotar convenientemente ambas instalaciones DuPont contrató gestores e investigadores especializados, algunos de los cuales acabarían siendo figuras clave no sólo de los programas de investigación sino de la propia compañía.

Como hemos visto, las circunstancias externas empezarían pronto a sugerir la conveniencia de realizar cambios en los programas de investigación y desarrollo: El proceso anti-trust aconsejaba diversificar el negocio, y el comité ejecutivo reorientó explícitamente al personal de investigación de ambos laboratorios en este sentido a partir de 1911 con la formación de un departamento específico: el *Chemical Department*.

Pasamos a ver todos estos desarrollos con más detalle, dado el interés que presentan por comparación con sus análogos alemanes.

### *El Eastern Laboratory*

Desde el principio, el nuevo comité ejecutivo reconoció que el desarrollo de los productos era fundamental para el éxito de la compañía y que lo que entonces se denominaba “trabajo experimental” (nosotros diríamos I+D) era crucial en este empeño. Como veíamos, en julio de 1902 se inauguró el *Eastern Laboratory* en la planta de Repauno (Nueva Jersey). El director, Charles L. Reese, apuntó cinco objetivos para la instalación en su

primer informe: Mejorar las operaciones químicas en curso, dar una base científica a todos los productos y procedimientos en curso, descubrir nuevos explosivos útiles, analizar todos los productos y procesos alternativos de la competencia y entrenar personal técnico y científico<sup>426</sup>.

Los requisitos del gobierno federal para su abastecimiento de explosivos, tales como los anticongelantes y los estándares de seguridad, eran cada vez más exigentes; según Reese, el personal técnico de DuPont, necesitaba de una mayor preparación científica y de la inversión de una mayor cantidad de tiempo de trabajo para satisfacerlos. Así pues, DuPont tenía que dar con una organización interna capaz de poner en práctica la química científica, liberando por primera vez a parte de sus químicos de la responsabilidad de las operaciones habituales de producción. En seis meses desde su fundación, el laboratorio contaba ya con nueve químicos, además del personal asistente.

La llegada de Reese y su selección de personal constituyeron una base acertada sobre la que fundar una organización efectiva de investigación industrial. Antes de escalar a niveles más altos dentro de la organización, Reese supo encontrar y contratar al grupo de químicos que sería responsable de la investigación en DuPont durante los siguientes cuarenta años. Entre ellos destacaría Charles M.A. Stine, llamado a realizar trabajos memorables (Nylon) en la historia de la investigación industrial en el periodo de entreguerras y que ya en esta etapa inicial en el Eastern desarrolló la utilización de modelos a escala (“semiworks”) para determinar la viabilidad de síntesis industriales, procedimiento que se convertiría en estándar en todos los desarrollos posteriores de la compañía. Así mismo, basándose en su experiencia alemana, Reese instituyó los procedimientos que se convertirían en la piedra angular de toda la política de investigación de DuPont: reuniones

---

<sup>426</sup> E.I. DuPont de Nemours & Co. *Story of the Eastern Laboratory 1902-1952*, p.6, Pamphlet collection, Hagley Museum and Library.

diarias para analizar la marcha de las diversas líneas de investigación, informes y supervisión de los experimentos, decisión acerca de las vías muertas o inicio de nuevas vías, contacto estrecho entre los investigadores y el personal de producción,...

El trabajo en el Eastern rendiría, casi de inmediato, resultados tangibles y beneficios económicos: estandarización de las fórmulas y el control de calidad, incremento de rendimientos en la producción de nitroglicerina, procesos más eficientes de separación y depurado, reutilización de subproductos, desarrollo de anticongelantes para la dinamita... Todo ello estaba ya bien establecido a mediados de 1903, demostrando que la unidad dedicada exclusivamente a la investigación era una idea exitosa. Para 1911 el laboratorio contaba ya con 27 químicos, muchos de ellos doctores por universidades estadounidenses y alemanas, y un personal total de ochenta empleados.

Entre los trabajos más exitosos del Eastern destacan las mejoras en la seguridad de las fórmulas explosivas, constituyendo a la vez un buen ejemplo de la naturaleza departamental de este laboratorio, enfocado a objetivos muy concretos e inmediatos. El equipo necesario para esta investigación se importó de Alemania, donde las regulaciones del ejército ya habían forzado a los fabricantes de explosivos a estudiar y mejorar los factores de seguridad y estandarización. Con este equipamiento y las muestras alemanas, los técnicos de DuPont pudieron desarrollar sus propias versiones para el ejército estadounidense e incluso instruir al personal del Bureau of Mines (la agencia federal encargada de la evaluación de los explosivos para el mercado) en la utilización del instrumental necesario, dejando claro una vez más al gobierno su necesidad de tratar en buenos términos con la compañía.

De forma análoga a lo sucedido en Bayer alrededor de 1890, surge pronto en DuPont la controversia acerca de si resultará más eficiente mantener un laboratorio general central o diversos laboratorios “de planta”, “departamentales” ligados a la producción específica. Este debate interno, constituyó uno de los momentos decisivos en la historia del programa de investigación y desarrollo de DuPont, puesto que el comité ejecutivo se tuvo que enfrentar por primera vez con muchas de las cuestiones fundamentales que conciernen a la estructura y la gestión de la investigación en una empresa: rendimientos económicos a corto, medio y largo plazo, eliminación de duplicidades, intercambio de información, patentes, aprovechamiento de sinergias entre departamentos, efectividad en la formación del personal científico, cuando considerar muerta una vía de investigación respecto a la esperanza de beneficios futuros, rendición de cuentas de la productividad del trabajo experimental...

### *La Experimental Station*

Finalmente el comité decidió autorizar los fondos mínimos necesarios para la fundación paralela de un laboratorio general bajo la responsabilidad de Arthur J. Moxham, nombrándole director de “competencia, desarrollo y trabajo experimental” con el encargo mejorar la posición estratégica de la compañía en materias primas e innovación. En abril de 1903 Moxham trabajaba ya en el establecimiento de un laboratorio capaz de llevar a buen término un proyecto de gran alcance para DuPont: encontrar un método rentable de sintetizar glicerina mediante investigación original para sustituir sus fuentes naturales de este producto intermedio.

Es precisamente entonces, en julio de 1903, cuando se conoce la noticia del posible establecimiento de una planta gubernamental de pólvora

sin humo para abastecer las necesidades militares. Ante esta posibilidad, el comité ejecutivo toma conciencia de la necesidad de

“un laboratorio fuerte, capaz de llevar a término investigaciones originales e innovar radicalmente con nuevos productos que permitan mantener la dependencia de los militares y controlar las especificaciones y requerimientos de las adquisiciones del ejército.”<sup>427</sup>

Es entonces cuando los directivos de la compañía se toman realmente en serio el potencial de un laboratorio general de investigación, reorientando el proyecto hacia la consecución efectiva de una “factoría de invenciones”, haciéndose eco de las ideas que Duisberg había estado poniendo en marcha en Alemania. El ahora denominado “departamento de desarrollo” contaría con 3000\$ mensuales y debería responsabilizarse de los aspectos experimentales de la estrategia corporativa, rindiendo en patentes o invenciones comprobables.

El nuevo laboratorio empezó a trabajar casi de inmediato bajo la dirección de Moxham y Francis I. DuPont, con personal técnico y científico de otros departamentos y procedimientos aprendidos del *Eastern Laboratory*. Entre sus químicos destacaba Fin Sparre, noruego graduado en Dresde, que se convertiría en director de la Estación en 1911, del departamento de desarrollo en 1919 y en miembro de la junta directiva en 1930. A Sparre se puede atribuir buena parte del mérito de la organización de los programas de diversificación de DuPont durante su periodo de actividad. Cuando tomó el control de la *Experimental Station* (1911) el personal científico ascendía ya a 35 químicos, muchos de ellos con excelentes credenciales académicas.

La lista inicial de proyectos de la estación experimental era muy amplia, más bien una revisión de vías prometedoras para realizar alguna innovación

---

<sup>427</sup> DuPont Executive Committee Minutes, July 21 1903, DuPont Historical Archive, Willmington (Delaware). La traducción es nuestra.

importante y patentable en el campo de los explosivos que otorgara a DuPont una ventaja decisiva sobre su nuevo competidor potencial: el propio gobierno federal. La experiencia de DuPont con la nitrocelulosa demostraba que incluso un producto ya definido requería de un intenso y caro trabajo hasta lograr convertirlo en algo rentable a escala industrial; pero también demostraba que un laboratorio industrial bien organizado y dirigido, capaz de realizar asaltos continuos y eficientes sobre problemas bien definidos, era la institución más eficiente para realizar ese trabajo.

Inicialmente se abordó este modelo de desarrollo con un tipo prometedor de pólvora sin humo denominado “estabilita”. Después de años de investigación, en 1910 el equipo tuvo que admitir un fenómeno curioso, producto imprevisto de la lógica de la investigación industrial: Las propias investigaciones realizadas en la estación sobre la estabilización de la nitrocelulosa con difenilamina hacían obsoleta la estabilita, por lo que buena parte de la inversión en investigación se podía considerar “destruktiva”. Sin embargo, los resultados prácticos de estabilizantes y los más de 150 informes de investigación publicados por la *Experimental Station* entre 1904 y 1910 fueron suficientes para que las jefaturas de artillería del Ejército y la Armada pudieran argumentar con éxito ante la comisión de adquisiciones del Congreso que DuPont mantenía una política de desarrollos tal que no era aconsejable la construcción de una planta gubernamental de pólvora sin humo a partir de 1911. Pierre DuPont y Arthur Moxham habían conseguido implementar en la estación una política de investigación que se convertiría en la filosofía de la compañía durante toda la primera mitad del siglo XX:

“En nuestro laboratorio experimental deberíamos tener en todo momento en marcha investigaciones cuyo retorno de éxito potencial sea enorme, aunque supongan un gasto también enorme, exigiendo un esfuerzo continuado durante años. Propongo esta política por dos motivos: Primero, porque nos dotará de un personal bien entrenado y segundo porque el valor



potencial del laboratorio será cada vez mayor... Mientras un proyecto progrese, mientras sigan siendo predecibles beneficios económicos de sus resultados, mientras los gastos no sean exorbitantes, debe seguir siendo financiado.”<sup>428</sup>

En la misma línea, en su informe de cierre de 1910 Irenée DuPont argumentaba a favor de la Estación Experimental:

“... pocos proyectos de la Estación Experimental han rendido un beneficio económico directo, pero esto es consecuencia de la propia naturaleza de su misión; es necesario analizar los resultados con un horizonte de tiempo adecuado. Buena parte de la inversión realizada se ha dedicado a poder cumplir con requisitos y regulaciones del Gobierno Federal que, de no ser asumidas, podrían haber ocasionado una catástrofe.”<sup>429</sup>

En consonancia con esta mentalidad, el departamento de desarrollo mantuvo desde 1911 una línea de investigación de baja intensidad en la fijación de nitrógeno atmosférico. Con el potencial de sustituir los nitratos chilenos como fuente de ácido nítrico y la posibilidad de entrar en el negocio de los fertilizantes, era un objetivo prometedor a largo plazo. Du Pont no entraría en este negocio hasta los años veinte, e incluso entonces no lo haría gracias al trabajo directo de la Estación Experimental, sino mediante la importación de conocimientos de Europa, como veremos. Sin embargo, financiando un pequeño proyecto en esta área durante un periodo largo DuPont se mantuvo al tanto de los resultados que se estaban obteniendo en Europa en una tecnología prometedora (la catálisis de altas presiones) y fue capaz de tomar decisiones informadas al respecto en los años de posguerra.

---

<sup>428</sup> Pierre S. DuPont a C.M. Burton, 17 de Agosto de 1908. Records of E.I. DuPont de Nemours & Co., serie II, parte 2, caja 205. Hagley Museum & Library.

<sup>429</sup> Irenée DuPont al Comité Ejecutivo, 23 de Diciembre de 1910. Records of E.I. DuPont de Nemours & Co., serie II, parte 2, caja 205. Hagley Museum & Library.

### *1911: Reorganización y diversificación*

A principios de 1911 el comité ejecutivo, a propuesta de Pierre DuPont, decidió reorganizar la gestión de toda la compañía según criterios de recentralización, incluyendo sus divisiones de investigación. El nuevo manager general, Hamilton Barksdale, había colaborado de forma activa en la creación del Eastern Laboratory y se había mostrado siempre crítico con la aproximación de la Experimental Station a la investigación; no resulta sorprendente, por tanto, que confiara ahora en Reese para la supervisión y reforma de la estructura de investigación. Bajo la dirección de este último los laboratorios evolucionaron hacia una mayor centralización; en 1917 controlaba ya un gran departamento central de investigación y pasó a formar parte del comité ejecutivo de la empresa.

Paradójicamente, la tendencia a centralizar el control de las funciones de investigación se oponía a la tendencia general por la diversificación que dominó la compañía en la década posterior a 1911. A medida que DuPont se expandía en nuevos negocios –principalmente mediante la adquisición de empresas o tecnologías- y que el poder y tamaño del departamento de química de Reese crecían, los gestores de cada división se quejaban de que los resultados de investigación se alejaban cada vez más de sus necesidades comerciales en las nuevas áreas. Y es que Reese se encontraba con serios problemas para cambiar las inercias de funcionamiento de ambos laboratorios y coordinar a las 112 personas que estaban bajo su mando en el nuevo gran *Chemical Department*.

El comité ejecutivo había ordenado ya en 1909 un amplio programa de investigación en nitrocelulosa ante los problemas con la ley de adquisiciones del ejército y la armada con el fin de encontrar nuevas

aplicaciones y productos para las plantas de explosivos. Con tal fin, el departamento de desarrollo había comenzado a reunir información acerca de la posibilidad de iniciar la fabricación de fibras artificiales y plásticos de celuloide. El interés en nuevos materiales recayó, como es lógico, en la *Experimental Station*: en mayo de 1909 Sparre diseñó un programa concreto dirigido específicamente a generar el conocimiento necesario en la química y la tecnología de la nitrocelulosa para que DuPont pudiera iniciar su diversificación efectiva en nuevos materiales. Sparre pasó buena parte del año 1910 en Europa recopilando información y convirtiéndose en uno de los principales estrategas en los planes de diversificación de DuPont en el futuro. Su trabajo cristalizó en 21 informes oficiales que dieron forma al trabajo en la Estación y a los primeros esfuerzos de diversificación. Especial importancia al respecto presenta, una vez más, su relación con fuentes alemanas: las discusiones de Sparre con expertos de la compañía Vereinigte Köln Pulver Fabriken, parte del grupo Nobel, determinaron la dirección concreta de los trabajos sobre nitración, purificación y estabilidad de la nitrocelulosa, fundamentales para la posterior fabricación de “pieles artificiales” que tan lucrativas resultarían más tarde, con el “boom” de la industria automovilística de posguerra.

Si bien la estrategia de diversificación se apoyó inicialmente en las plantas, *know-how* y capacidad de investigación de la propia compañía para intentar encontrar nuevas aplicaciones a la nitrocelulosa, a medida que pasaba el tiempo y los recursos financieros crecían con la venta de explosivos a los aliados, el comité ejecutivo encontraba cada vez más fácil adquirir otras compañías y confiar entonces en el departamento I+D de DuPont para racionalizar y mejorar las tecnologías externas. No en vano, el estallido de la guerra en Europa alimentó un crecimiento exponencial de la capacidad de producción de nitrocelulosa de DuPont, pero al mismo tiempo presentó una gran oportunidad de entrar en nuevos negocios como el de los colorantes, al

cortar el flujo de importaciones de Alemania. Como primer productor estadounidense de fenilamina (intermedio fundamental en la fabricación de muchos productos orgánicos), DuPont era vulnerable a la acusación de utilizar ese potencial únicamente para lucrarse con la venta de explosivos, mientras mantenía desabastecidos los mercados textil y farmacéutico nacionales, además de sufrir las consecuencias de un catastrófico exceso de capacidad tras el final de la guerra. Es entonces, a finales de 1915, cuando el comité ejecutivo decide potenciar radicalmente una estrategia de diversificación, afectando notablemente los programas de I+D en curso.

Aunque disponía de recursos financieros más que suficientes, DuPont no podía adquirir sin más otras compañías dedicadas a la fabricación de productos orgánicos; las pocas que existían en suelo estadounidense no estaban en venta. Recayó por lo tanto sobre Reese y su departamento de química la responsabilidad de desarrollar el negocio en casa. Varios cambios realizados en la cúpula de la compañía en Septiembre de 1914 para responder de forma más efectiva a la demanda de guerra suponían que ahora Reese respondía directamente ante el hombre fuerte de comité, Irénée DuPont, mientras que Sparre diseñaba la estrategia de diversificación en el Departamento de Desarrollo. A lo largo de los cuatro años siguientes, ya en plena Gran Guerra, los gastos en I+D se multiplicarían por siete y la estructura de investigación centralizada soportaría una enorme presión debido a las necesidades impuestas por la estrategia de diversificación. Más abajo, en el capítulo dedicado al periodo bélico, veremos qué tal respondió esta forma de organización centralizada a las necesidades reales del momento.

Comparando ahora la industria química de ambas naciones en los albores de la Gran Guerra, la conclusión más obvia debe ser que existía una gran asimetría entre ambas, una enorme diferencia en el grado de desarrollo científico, tecnológico y económico. Sin embargo, un análisis más detallado obliga a matizar esta conclusión, así como a restarle relevancia de cara a la guerra que se avecinaba. La gran ventaja de la industria alemana sería determinante, como se verá a continuación, para el esfuerzo de guerra alemán. Sin embargo el escaso desarrollo de la industria norteamericana no resultaría demasiado relevante para los Estados Unidos, ya que este país dispuso de un acceso continuo a las materias primas fundamentales. La industria norteamericana contaba ya con lo fundamental para estar en disposición de aprovechar las oportunidades que traería la guerra: Un sector industrial de explosivos avanzado y preparado para expandir rápidamente su capacidad de producción y un núcleo de cristalización para hacer crecer la investigación interna, capaz de atender el inicio de un verdadero programa de diversificación. Como se ha señalado en la introducción del epígrafe, resulta significativo que DuPont, pionera entre las empresas químicas estadounidenses, decidiera invertir seriamente en investigación precisamente en relación con los requerimientos militares, lo que viene a ilustrar la tesis de la implicación del estamento militar en los comienzos de los sistemas permanentes de investigación industrial.

También resulta interesante explicitar que, tanto en Alemania como en Estados Unidos, la industria química podía contar ya con el personal cualificado egresado de las instituciones que se han descrito en el capítulo 1, así como con la asistencia de las instituciones mixtas (MIT y NBS; TH, PTR y KWG) enfocadas a la cooperación científica con la industria. No es de extrañar que el inicio de la investigación dentro de las propias empresas viniera de la mano de hombres, como Carl Duisberg o Pierre DuPont, educados según esa nueva mentalidad científico-tecnológica.

Aunque a menor escala que en el caso de las instituciones científicas, también se puede encontrar un interesante proceso de ejemplaridad mutua entre las industrias químicas de ambas naciones ya antes de la guerra, y ello a pesar de la mencionada diferencia en desarrollo tecnológico. De forma análoga al caso de Fritz Haber con las instituciones científicas, las impresiones de Carl Duisberg durante su viaje de 1904 a Estados Unidos fueron determinantes para configurar sus ideas acerca de la organización de la industria alemana. La percepción de Estados Unidos como el mayor competidor potencial estaba sin duda presente en la mente de los gestores alemanes desde el cambio de siglo, que intentaban importar las fortalezas más evidentes del modelo de desarrollo norteamericano. Por su parte, tampoco cabe duda de que la evidente vaguardia científico-tecnológica de la industria alemana, cercana gracias a la presencia de las empresas alemanas en suelo estadounidense, constituyó una fuente de inspiración a la hora de establecer y organizar un programa de investigación propio en DuPont, aunque no sería hasta la guerra cuando la compañía de Delaware se pudiera plantear seriamente igualar a sus homólogas alemanas en el campo de la química orgánica. En la segunda parte del ensayo tendré la oportunidad de narrar cómo el inicio del conflicto en Agosto de 1914, y su prolongación más allá de todo lo previsto, cambiarían completamente este desequilibrio tecnológico entre ambas industrias nacionales.

**PARTE 2**

**LA GRAN GUERRA.**

**MOVILIZACIÓN CIENTÍFICA,**

**MOVILIZACIÓN INDUSTRIAL.**

### 3. La movilización de la química en Alemania.

La guerra llegó finalmente a principios de Agosto de 1914. En público, la gran mayoría de académicos alemanes de todas las tendencias políticas expresaron casi exclusivamente su optimismo y entusiasmo. Las diferencias ideológicas y los antagonismos de clase parecieron evaporarse ante la llamada a cumplir el deber nacional. Los intelectuales mandarines se regocijaron ante el aparente renacimiento del idealismo en Alemania.<sup>430</sup> Celebraron la muerte de la política, el triunfo de objetivos eternos sobre los intereses a corto plazo, el resurgimiento de aquellas fuentes morales e irracionales de cohesión social que se habían visto amenazadas por el “cálculo materialista” de la modernización Guillermina:

“Es ahora cuando ha nacido nuestro nuevo espíritu: el espíritu de la más estrecha integración de todos los poderes económicos y políticos en un nuevo conjunto... ¡El nuevo estado alemán! ¡Las ideas de 1914!”<sup>431</sup>

Tal y como sugiere el *Aufruf an die Kulturwelt* o “Manifiesto de los 93”, la contribución de las fuerzas intelectuales de la nación alemana a la guerra no fue en modo alguno de carácter puramente defensivo:

“...No es verdad que la lucha contra lo que se ha llamado nuestro militarismo no sea también una lucha contra nuestra cultura, como pretenden hipócritamente nuestros enemigos. Sin el militarismo alemán, la cultura alemana habría desaparecido de la faz de la tierra hace mucho tiempo. Es para proteger esa cultura, que un país que durante siglos ha sufrido más invasiones que ningún otro, ha salido de sus fronteras. El ejército y el pueblo alemanes

---

<sup>430</sup> Wolf (2003).

<sup>431</sup> Plenge (1915), pp.187.



forman una unidad. Semejante convicción une hoy día a 70 millones de alemanes, sin distinción de educación, condición social o partido.... Creed que llevaremos el combate hasta el final, como un pueblo cultivado al que la herencia de Goethe, de Beethoven y de Kant es tan sagrada como su hogar y su tierra. Nos hacemos garantes de ello con nuestro nombre y nuestro honor.”<sup>432</sup>

Entre los firmantes destacaban quince científicos: Adolf von Baeyer (catedrático de química, Munich), Karl Engler (catedrático de química, Karlsruhe y director de un Instituto KWG), Emil Fischer (catedrático de química, Berlín y director de un Instituto KWG), Wilhelm Förster (catedrático de astronomía, Berlín), Fritz Haber (catedrático de química, Berlín y director de Instituto KWG), Ernst Haeckel (catedrático de zoología, Jena), Gustav Hellmann (catedrático de meteorología, Berlín), Felix Klein (catedrático de matemáticas, Gotinga), Philipp Lenard (catedrático de física, Heidelberg), Walter Nernst (catedrático de química-física, Berlín y uno de los promotores de la KWG), Wilhelm Ostwald (catedrático de química, Leipzig, y uno de los promotores de la KWG), Max Planck (catedrático de física, Berlín), Wilhelm Röntgen (catedrático de física, Munich), Wilhelm Wien (catedrático de física, Wurzburg) y Richard Willstätter (catedrático de química, Berlín, miembro de la KWG), Paul Ehrlich (catedrático de bacteriología, Berlín). También figuraba Adolf von Harnack, primer presidente de la KWG.<sup>433</sup> En una movilización por propia iniciativa (“self-mobilization”), eminentes representantes de la cultura y la ciencia de ambos bandos se convirtieron en portavoces acrícos de la propaganda nacionalista, a la que su prestigio otorgó un alto grado de credibilidad. Un libro

---

<sup>432</sup> Publicado en Kellermann (1915), pp. 64-8

<sup>433</sup> Sánchez-Ron (2007), p.570-1.

contemporáneo que publicaba la colección de estos textos denominó a este frente la “guerra del espíritu”<sup>434</sup>.

### 3.1 KWG en guerra. Haber y el programa de armamento químico.

“Con el más sincero agradecimiento a nuestro Emperador debemos alabar el destino que permitió a la Sociedad Káiser Guillermo surgir en el momento justo... Crear, organizar, disciplinar: Con esta tríada del espíritu alemán y el trabajo alemán, la ciencia y la fuerza militar se hacen una.”

Adolf von Harnack, 1916.<sup>435</sup>

El tema de la guerra química en la Primera Guerra Mundial ha sido tratado en innumerables obras de historia general, por ejemplo en Strachan (2004), Chickering, Förster (2000), cap.4 o Ferro (1968). Se puede encontrar una narración amena y general en Freemantle (2013), y otra especializada en los aspectos militares en Jones (2007). Los aspectos científicos vienen descritos y analizados de forma magistral en el libro del propio hijo de Fritz, Lutz Haber (1986), así como en Angerer (1985). Dos biografías imprescindibles por su rigor y enfoque son Szöllosi-Janze (1998) y Stolzenberg (1998). De forma más reciente se han publicado Charles (2005), rico en testimonios primarios, y Dunikowska, Turko (2011), una síntesis de las contradicciones de la figura de Haber. Para las fases más tardías de la vida del químico judío-alemán cuento con Hahn (1999) y Frucht(2005). Por último,

---

<sup>434</sup> Kellermann (1915).

<sup>435</sup> Adolf von Harnack, Nachlass Harnack, Handschriftenabteilung, Secc.4, caja 23, *Sammlungs der Senats Protokolle* 1916, Deutsche Staatsbibliothek, Berlin. También se encuentra en KWG 3.-5, *Jahresbericht*, pp.3-5.

pero fundamental como fuente primaria, siempre que se tome con la necesaria precaución crítica, cuento con las memorias del propio Fritz Haber (1927).

He decidido comenzar este capítulo con un epígrafe dedicado a la guerra química debido a la estrecha relación que media entre ésta, los entonces recién creados Institutos de la KWG y la industria química alemana. Como se verá a continuación, sin la tecnología industrial previa ni la actividad de los científicos de la KWG, Alemania no hubiera sido capaz de desarrollar (quizá ni siquiera hubiera surgido la idea de hacerlo) un tipo de armamento que se convertiría en un paradigma de la Gran Guerra. A su vez, la implicación directa de la ciencia y la industria químicas en el programa de armamento alemán justificarían, como se describirá en la parte dedicada a la posguerra, la intervención aliada de las propiedades tanto físicas como intelectuales de las firmas alemanas, dado que la experiencia de los gases dejaba claro que una nación con una gran industria química no estaría nunca completamente desarmada. El estudio del caso de la utilización de armamento químico por parte de los alemanes es importante también en relación con una de las tesis que recorren este ensayo, a saber: Que el estado previo a la guerra de la industria química de un país determina su capacidad para desarrollar nuevas armas o sostener el esfuerzo de guerra, puesto que una vez declaradas las hostilidades resulta casi imposible improvisar los costosos programas de investigación y desarrollo que forman la base de esa industria. Me resulta también imprescindible plantear el problema de la guerra química desde mi propia perspectiva para poder comparar (en el capítulo 5) el éxito del programa alemán, que contaba con una industria química avanzada y una mediación científica organizada, con el fracaso de su análogo estadounidense (epígrafe 4.2), que si bien contó también con apoyo y organización por parte

de los científicos académicos, no encontró una industria orgánica desarrollada capaz de emprender la producción de gases de guerra.

Adolf von Harnack, presidente de la KWG, comenzaba con la cita que encabeza este epígrafe su informe anual correspondiente a 1916. El director de facto, Emil Fischer, mantenía desde los primeros días de la guerra una visión bastante más pesimista. Influido por las opiniones, realistas e informadas, que circulaban en el grupo de Walther Rathenau, Fischer esperaba una guerra más larga de lo que la ingenua propaganda nacionalista anunciaba.<sup>436</sup> Sin embargo, Fischer parecía aceptar la guerra como una respuesta inevitable a la amenaza militar extranjera, especialmente la que provenía del este. Cuatro de los seis directores de Institutos KWG (Fischer, Haber, Rubner y Wassermann) y dos de los promotores más activos (Nernst y Ostwald), así como el presidente de la sociedad (von Harnack) suscribieron sin reservas el “manifiesto de los 93”. Si Alemania debía luchar, era mejor hacerlo cuando aún podía mantener cierta ventaja. Sus argumentos, influidos por los exagerados informes que la prensa publicaba aquel verano, se acercaban a la idea de guerra preventiva que se manejaba en los círculos dominantes del gobierno y el ejército más que a la postura oficial de guerra defensiva con la que se había justificado la movilización de Agosto.<sup>437</sup> En el primer intercambio epistolar entre Fischer y Duisberg desde que empezó la guerra, éste último se quejaba de que el embargo impuesto por el gobierno le estaba costando a su industria la dominación mundial del sector, pero a mismo tiempo responsabilizaba a Gran Bretaña, “la culpable de todas estas miserias”.<sup>438</sup> La respuesta de Fischer a Duisberg predecía una larga lucha

---

<sup>436</sup> Weinberg (1919) y Moy (1989).

<sup>437</sup> Fischer, F. (1967, 1975).

<sup>438</sup> Stolzenberg, D., *Scientist and industrial manager: Emil Fischer and Carl Duisberg*, en Lesch (2000), pp. 57-91.

militar y económica, pero proporcionaba el consuelo de que Alemania pudiera crear, tras la victoria, un bloque continental (*Mitteleuropa*) capaz de competir económicamente con los Estados Unidos. Dada la dinámica de justificación que habían utilizado los promotores de la sociedad, no puede sorprendernos que fuera éste el objetivo de la guerra para el máximo responsable ejecutivo de la KWG. Esencialmente era la misma idea la que estaba en la base de los objetivos de guerra que se manejaban durante los meses de Agosto y Septiembre de 1914 en el círculo del canciller del Reich, Bethmann-Hollweg, incluyendo al más tarde escéptico Walther Rathenau.<sup>439</sup>

A pesar de que los laboratorios se vaciaban con la marcha de los más jóvenes al frente, Fischer y sus colegas buscaron la manera de resultar útiles en el esfuerzo de guerra; descubrieron así que la ciencia, y en especial la química, podía jugar un papel fundamental en el conflicto. La era de la guerra total estaba comenzando y, fueran o no ilimitadas las posibilidades de la química, las conquistas imperiales requerían de ella: El trabajo del Instituto para el Carbón y sus análogos se centraría en la sustitución de materias primas estratégicas. Una semana después del revés miliar en el Marne, Fischer contactó con Francis Kruse para incorporar el Instituto de Mülheim al esfuerzo de guerra. Fischer tuvo que utilizar su contacto privilegiado con el Káiser para convencer a los militares de que licenciaran a los hombres necesarios, entre ellos Franz Fischer, director del instituto; en invierno de 1915 casi todos los trabajadores del Instituto para la Investigación del Carbón habían vuelto del frente. La primera tarea que se les asignó fue coordinar el Ministerio de Guerra con las empresas mineras, actuando como consultores técnicos cuando fuera necesario; el objetivo primordial era mantener la tasa de extracción y la producción de derivados a pesar de los recortes en mano de obra. Una segunda tarea del instituto fue encontrar sustitutos para los sulfatos, normalmente importados en forma de piritas españolas, cruciales

---

<sup>439</sup> Fischer, F. (1975). Rathenau (1917) y Wilderotter (1993).

para la producción de ácido sulfúrico mediante el método de contacto. El yeso se eligió como fuente principal, pero también se aprendió a aprovechar subproductos sulfurosos de otros procesos.<sup>440</sup>

Por último, en 1916 dio comienzo el programa de síntesis de gasolinas a partir de carbón y aceites a partir del alquitrán, de acuerdo con las ideas que Emil Fischer había delineado en 1912. Aunque no tuvo éxito durante esta guerra, ya que el gobierno perdió el interés al asegurarse fuentes de petróleo en el este a finales de 1917 (con la retirada de la Rusia bolchevique), BASF desarrolló el programa en su planta de Leuna a lo largo de los años veinte y treinta, llegando a producir miles de barriles diarios durante la Segunda Guerra Mundial.<sup>441</sup>

A medida que las exigencias de la guerra fomentaban la investigación sobre materias primas en todas las ramas de la industria alemana, el Instituto Káiser Guillermo para la Investigación del Carbón se convirtió en un modelo de muchos centros de investigación sobre recursos estratégicos después de 1916: Se planearon institutos para el acero, metales no férricos, fibras sintéticas.. aunque ninguno de ellos consiguió abrir antes de 1922. A pesar de haber llegado demasiado tarde como para afectar al curso de la guerra, la guerra aceleró su creación a través de un proceso de integración irreversible entre la industria, la ciencia y la estrategia militar.<sup>442</sup>

Mientras tanto, el complejo de Dahlem asumió gradualmente el carácter de un centro de investigación dedicado a la tecnología militar.<sup>443</sup> El hombre que tomó la iniciativa en este campo fue Fritz Haber. En consonancia con su

---

<sup>440</sup> Rasch (1989). Para el papel de Fischer, Moy (1989).

<sup>441</sup> Hughes (1969) y Köhler (1990).

<sup>442</sup> Jonson (1990), cap.9.

<sup>443</sup> Haber, L. (1986), cap.6

trabajo de preguerra, Haber se implicó en la cuestión del amoniaco, representando a BASF ante el gobierno. La lógica del *Ersatz* le puso en contacto con los militares, el problema de las municiones y, finalmente, la guerra química. Haber, quien debido a sus orígenes judíos no había obtenido un rango militar durante la paz, lideró el departamento de armamento químico durante todas las fases activas de esta guerra, aunque nunca fue ascendido por encima de la capitanía (su contraparte británico, también químico profesional, llegaría a general<sup>444</sup>).

El fracasado plan Schlieffen puso al estado mayor alemán en una situación sin precedentes en sus tradiciones militares. La falta de imaginación técnica que reinaba en el ejército alemán provocó que las iniciativas para aplicar la ciencia a problemas militares vinieran casi siempre de organismos externos a la burocracia militar. Con el avance detenido y las reservas de municiones casi agotadas, se enfrentaban a 800km de trincheras contra las que las armas convencionales se mostraban incapaces.<sup>445</sup> Había que encontrar una nueva arma, una *Wunderwaffe* capaz de provocar la ruptura del frente, pero que no sobrecargara la estresada industria de guerra. La guerra química fue hija no sólo de los imprevistos problemas tácticos de la guerra de trincheras, sino también de la crisis de materiales que condujo a un *Ersatzprogramm*. Las mismas armas químicas serían sustitutas improvisadas del armamento tradicional.

Los generales tuvieron que tragarse su orgullo y recurrir a los científicos cuyos ofrecimientos habían declinado hasta entonces. Además de los ofrecimientos formales de Haber y Fischer, parece probado que químicos de Hoechst habían trabajado en bombas de humo para la marina. Un informe del Coronel Bauer, quien jugó un importante papel en la guerra química alemana, menciona que el ejército llevó a cabo experimentos con gas (tipo no

---

<sup>444</sup> Mc. Leod (1993).

<sup>445</sup> Strachan (2004).

especificado) antes de Agosto de 1914, pero un trabajo escaso y poco científico condujo a resultados negativos, lo que pudo influir en la decisión inicial de no preparar un frente químico, ni atender las sugerencias de los científicos, retrasando el proyecto hasta el invierno de 1915.<sup>446</sup> Ya en 1909 Haber había hablado de la relación entre la química y la guerra, e intentó establecer una conexión permanente entre el ministerio de guerra prusiano y su flamante Instituto en 1912, pero el ministerio no mostró ningún interés.<sup>447</sup> Nernst y Duisberg, como representantes de la ciencia académica y la industria, recibieron la orden de idear un sistema que limpiara de enemigos las trincheras. Durante los meses de Octubre y Noviembre de 1914, mientras el instituto de Haber buscaba sin éxito un explosivo aún más potente para la artillería, ambos químicos utilizaron las instalaciones de Bayer en el diseño de granadas químicas.<sup>448</sup> Empezaron por estudiar gases irritantes no letales que parecían no violar las convenciones firmadas en La Haya en 1899 y 1907. Durante el otoño de 1914 y el invierno de 1915 ambos bandos (los franceses obtuvieron gas lacrimógeno de la policía) utilizaron este tipo de sustancias en cantidades limitadas, sin obtener ningún éxito táctico. El general Falkenhayn se mostró decepcionado y ordenó a sus expertos fabricar un proyectil que matara o hiriera permanentemente al enemigo, con el fin de poder ocupar las trincheras tras el bombardeo. Duisberg, sabedor de las dificultades que entrañaba conseguir concentraciones suficientemente altas de sustancias tóxicas como para resultar letales en espacios abiertos, sugirió entonces utilizar los bien equipados institutos de Dahlem. Tras consultar con Fischer, que se mostró reacio a utilizar este tipo de tácticas, Duisberg puso a su equipo a trabajar en mezclas de fosgeno; sin embargo los medios disponibles para

---

<sup>446</sup> Haber (1986), p. 20.

<sup>447</sup> Johnson (1990), pp. 185-6.

<sup>448</sup> Angerer (1985).



llenar grandes cantidades de casquillos de artillería con un gas tan peligroso eran aún insuficientes, y el proyecto se abandonó en febrero.

Tras asistir unas pruebas a las afueras de Berlín, Haber se convenció de que el gas era un arma “más humana” que el alto explosivo y de que salvaría vidas acortando la guerra. Decidió cambiar el rumbo de su instituto; todo el personal empezó a trabajar inmediatamente en la tan deseada *Wunderwaffe* y en contacto permanente con el Ministerio de Guerra, que acabaría manejando el presupuesto del instituto. En el curso de las primeras pruebas, cuando las instalaciones no estaban aún preparadas para el manejo de explosivos y materiales venenosos, un accidente mató a uno de los asistentes de Haber, hiriendo gravemente a otro. Esto no hizo sino aumentar la determinación de Haber, que pronto llegó a la simple, ingeniosa solución que indujo al Kaíser a romper con la tradición militar y otorgarle el rango de capitán: cloro gaseoso obtenido por electrólisis que se liberaría desde cilindros a presión bajo condiciones meteorológicas favorables. A pesar de las objeciones de Fischer y Duisberg, que temían un contraataque químico aliado aprovechando el viento del oeste dominante en el frente occidental, el alto mando decidió poner en marcha el programa de Haber. No les preocupaba el tiempo ni las convenciones; la situación era demasiado desesperada. La única duda se refería a cuánto tiempo tardarían ingleses y franceses en desarrollar la capacidad para responder. Duisberg, basándose en sus conocimientos de la industria química de estos países, calculó unos seis meses; Falkenhayn dio el visto bueno a la operación “Desinfektion”.<sup>449</sup>

Haber se trasladó al frente para dirigir personalmente las operaciones. Tal y como Fischer había predicho, el viento resultó ser un factor limitante crucial, causando semanas de retraso y varias cancelaciones de ataques durante las primavera de 1915. También surgieron problemas derivados de la

---

<sup>449</sup> Haber (1986), cap.3

falta de experiencia, las dificultades de manejar y colocar los cilindros en las condiciones del frente; durante todo este tiempo, el gas causó sólo bajas alemanas. Frustrado por los continuos fracasos, Falkenhayn empezó a desviar tropas hacia el frente oriental, donde se preparaba la gran campaña de Galitzia. El 22 de Abril, en la cuña de Ypres, la “desinfección” funcionó finalmente, produciendo un éxito mucho mayor de los esperado. Sin embargo, dado el cambio de planes y la falta de reservas, la ruptura del frente no se pudo aprovechar para llevar a cabo una gran ofensiva. Los generales habían desaprovechado el efecto sorpresa y la ventaja táctica de atacar a un enemigo desconcertado y desprotegido. Los siguientes ataques, menos intensos, no lograron repetir el éxito inicial. Protegidos con rudimentarias máscaras empapadas en agua, los aliados aguantaron en sus trincheras.<sup>450</sup>



Fritz Haber en el frente oriental, 1917.

Tal y como había predicho Duisberg, Cinco meses y medio después llegó la respuesta aliada, aún menos efectiva que el primer intento alemán. Durante el resto de la guerra las armas químicas se hicieron cada vez más

---

<sup>450</sup> Strachan (2005).

sofisticadas, mientras ambos bandos se embarcaban en una carrera científica por acabar con las trincheras. Haber siguió liderando el esfuerzo alemán, y el grupo bajo su mando creció gradualmente. En 1917 contaba ya con 1500 personas, incluyendo a 150 químicos que habían sido reclutados o reasignados desde otros puestos. Todos los institutos KWG de Dahlem se dedicaban a esta tarea, y su presupuesto total multiplicaba por quince el anterior a la guerra. La centralización no aumentó sólo la eficiencia, sino que también favorecía el secreto que las autoridades militares querían, pues desconfiaban de otras instituciones académicas. El relativo aislamiento de Dahlem y su riqueza en talento e instalaciones preparadas para investigaciones interdisciplinarias (química, física, biología y medicina) lo convertían en lugar ideal para trabajar en los complejos problemas de la guerra química, aunque su transformación en centro de investigación militar se contemplaba como una medida de emergencia sin ninguna intención de continuar tras la guerra.<sup>451</sup>

La organización hacía recaer demasiada responsabilidad sobre Haber, aunque él mismo parecía empeñarse en retener el control de todos los aspectos del programa. Como académico especialista en química-física acostumbrado a dirigir un instituto autónomo y relativamente pequeño, manejar una operación de semejante escala y diversidad puso a Haber ante varios problemas graves que no fue completamente capaz de resolver. Aunque demostró ser capaz de planear y organizar el esfuerzo de guerra, siempre sufrió debido a las diferencias con sus colegas o a la falta de autoridad respecto de sus subordinados militares. Haber tuvo que lidiar también con el trágico recuerdo del suicidio de su mujer Clara en la primavera de 1915. pacifista convencida Clara, la primera mujer doctorada en química en Alemania, se disparó con el revólver del propio Fritz en el jardín de su villa

---

<sup>451</sup> Haber (1986), cap.6

en Dahlem, durante un permiso de su marido. Haber volvió al frente ese mismo día.<sup>452</sup>

A pesar de todos estos problemas de organización, así como los derivados de la improvisación del mayor complejo de investigación y desarrollo hasta la fecha, Haber y su grupo mantuvieron siempre el liderazgo en la carrera para desarrollar nuevas armas ofensivas. En el campo defensivo fue Richard Willstätter, amigo y colaborador de Haber en el instituto, el encargado de desarrollar máscaras efectivas. Antes de abandonar Dahlem en 1917 para ocupar el puesto de von Baeyer en la universidad de Munich, Willstätter diseñó una máscara dotada de un tambor con tres capas de filtrado basadas en el carbón activo y otros adsorbentes. Menos efectiva que sus contrapartidas aliadas debido a la escasez de caucho, algodón y ebonita para la máscara y las gafas, la parte puramente química cumplió su papel a la perfección.<sup>453</sup>



Haber (señalando) y su brigada en el frente occidental, 1916.

Una vez que los nuevos métodos productivos permitieron superar la crisis de municiones a mediados de 1916, Haber abandonó la idea de nubes

---

<sup>452</sup> Szöllosi-Janze (1998) o Charles (2005).

<sup>453</sup> Haber (1986), cap.4. y pp. 155 y sigus. También Johnson (1990), pp. 189-200.

de gas y empezó a trabajar en casquillos de artillería, más precisos y efectivos debido a su independencia del viento. La ofensiva química adquirió una nueva dimensión. Tras un período de transición basado en el fosgeno (carbonil dicloruro), a mediados de 1917 el grupo de Dahlem introdujo el gas mostaza (dicloroetil sulfato) y los compuestos de arsénico (propuestos por Fischer), abriendo una nueva fase en la guerra química. El trabajo combinaba su propia química-física, fisiología y la tradicional síntesis orgánica en la que las empresas alemanas tenían tanta experiencia. Ninguno de los gases utilizados en la guerra se descubrió durante la misma; todos ellos existían como intermedios o subproductos industriales, o bien se habían sintetizado en algún laboratorio, desechándose más tarde. El profundo conocimiento que tanto Haber como Fischer tenían de la literatura científica y técnica resultó fundamental, por tanto, para dar con sustancias que combinaran alta toxicidad a bajas concentraciones con facilidad de producción a gran escala. Con el fin de escrutar los cientos de compuestos susceptibles de ser elegidos, y siguiendo los innovadores métodos practicados por la química académica alemana durante las últimas tres décadas, Fischer ajustó una fórmula experimental que permitía calcular a priori la toxicidad relativa de los gases.<sup>454</sup> Todo el sistema imitaba la forma en la que las grandes firmas industriales daban con nuevos tintes o medicinas, pero las dificultades de trabajar para los militares, así como la toxicidad de los productos lo hacían menos eficiente, más sujeto al talento que su análogo industrial de preguerra.

En el caso de los aerosoles de arsénico, la presión militar condujo a un uso prematuro e inefectivo, acabando con las reservas de ese elemento. Como tantas otras aplicaciones de la química en el bando alemán, el gas ayudó a prolongar la guerra sin lograr ningún resultado decisivo por sí mismo, aunque las nuevas y complejas tácticas de artillería que el coronel Bruchmüller diseñó para integrar perfectamente el gas en los ataques propiciaron la tan

---

<sup>454</sup> Haber (1986), cap. 5

ansiada ruptura del frente en la gran ofensiva “Michael” de la primavera del 18, devolviendo la guerra a los movimientos.<sup>455</sup> Otro síntoma de la creciente importancia del gas fue el traslado del Capitán Meller del instituto de Haber al Estado Mayor. La consecución exitosa de las tácticas de Bruchmüller dependía de una efectiva integración de los especialistas en gas en los cuerpos de artillería, que en Alemania eran especialmente reacios a cambiar sus bien estudiadas tácticas, con una larga tradición de estudios balísticos y trabajo conjunto con los especialistas de Krupp. El efecto más importante de los gases fue psicológico, como atestiguan los miles de recuerdos, autobiografías o poemas legados por excombatientes; tiene que ver con cómo se reacciona ante un arma completamente nueva que, además, no ha sido asimilada, apenas ha sido usada desde el armisticio de 1918. Tiene que ver con la sorpresa, el desconcierto, la claustrofobia, el miedo y quizá, sobre todo, con la gestión del miedo.<sup>456</sup>



Soldado alemán con máscara antigas. Los caballos también las llevan.

---

<sup>455</sup> Strachan (2004) o Jones (2007).

<sup>456</sup> Charles (2005).

Si atendemos a la producción masiva de armas químicas, destaca la aparente facilidad con la que las grandes empresas alemanas fueron capaces de convertir en gases tóxicos su producción de tiempos de paz. No hay que olvidar que la abrumadora mayoría de químicos dedicados al esfuerzo de guerra trabajaba en la industria. Bayer, Hoechst y Kuhlbaum participaron desde el principio, bajo la dirección de Nernst y con la implicación personal de Duisberg.<sup>457</sup> Poco más tarde, la energía de Haber y sus excelentes contactos entre los líderes de la industria y el personal técnico del estado mayor hicieron que el programa de suministro funcionara con efectividad. La gran diversidad de la producción química alemana favoreció la flexibilidad en este campo, permitiendo probar inmediatamente cualquier sugerencia fundada.<sup>458</sup> Muchos de los intermedios orgánicos que se utilizaban para sintetizar tintes, fibras o medicinas servían también para gases o explosivos; una nación dotada de una industria química fuerte y diversificada no estaría nunca completamente desarmada. En Febrero de 1919 Harold Hartley, al mando del equipo británico encargado de inspeccionar las factorías de armas químicas, se declaraba impresionado por la estrecha relación existente entre la industria química y el suministro de municiones, el ingenioso desarrollo de sustitutos para algunos materiales y, muy especialmente, por las instalaciones preparadas para fabricar y manejar gases de guerra<sup>459</sup>. El Cloro y el fosgeno, los dos gases protagonistas de la primera fase de guerra química, eran producidos en grandes cantidades por Bayer y BASF antes de la guerra, lo que sin duda constituyó un factor crucial a la hora de elegirlos para el frente. Mientras tanto en el lado aliado ni británicos ni franceses disponían de tales facilidades, limitándose a analizar, copiar e intentar poner en producción lo más rápidamente posible aquellos gases utilizados por los alemanes,

---

<sup>457</sup> Haber (1986), p. 25.

<sup>458</sup> Haber (1986), cap.7

<sup>459</sup> Haber (1986), pp. 1-2.

improvisando técnicas de investigación y desarrollo que llevaban muchos años utilizándose en el Ruhr.<sup>460</sup> En la segunda fase de esta guerra paralela, la fabricación de grandes cantidades de gas “mostaza” y el llenado de proyectiles exigió practicar cambios más profundos en las plantas industriales, pero el proceso de innovación no se diferenciaba esencialmente del utilizado hasta entonces, mientras que las firmas pudieron dar salida por esta vía a los excesos de producción de orgánicos que el bloqueo había provocado. El gas mostaza se sintetizaba a partir de un intermedio (etilenclorohidrina) que BASF producía en grandes cantidades para el índigo, y Hoechst estaba familiarizada con el arsénico gracias a la medicación antisifilítica de Ehrlich. Con excepción de la ingeniería de llenado de casquillos, la producción de armas químicas no le resultó difícil a la industria. El pesimismo inicial de Fischer no parece haber estado justificado a este respecto; a pesar de que también Willstätter creía que la escasez de materias primas limitaba la ventaja técnica alemana, las modernas plantas del Ruhr estuvieron siempre por encima de los intentos británicos y franceses.<sup>461</sup>

Las tempranas preocupaciones de Duisberg acerca de las repercusiones negativas que la guerra tendría para sus negocios se demostraron también infundadas. En 1919 el propio Duisberg admitiría que a su empresa le había ido bien durante la guerra, tanto en el campo de los gases como en los de explosivos y sustitutos; las antaño empresas de colorantes producían en 1918 el 80% de los explosivos alemanes, superando con creces a los polvorines del ejército que, se suponía en 1914, serían suficientes para llevar el plan Schlieffen a la victoria. Más aún, Duisberg destacaba que la guerra cambió por completo los objetivos de la industria; las inusuales demandas de guerra, que habían obligado a incrementar de forma dramática la producción de Cloro, azufre, nitratos y otras sustancias inorgánicas condujo a las compañías

---

<sup>460</sup> Mc. Leod (1993).

<sup>461</sup> Brown (1968), cap.1



a invertir en estas nuevas áreas, contratando a numerosos expertos en inorgánica e ingeniería química. Una vez alcanzada la paz, las instalaciones financiadas por el gobierno con el fin de producir gases y explosivos no se desmantelarían, sino que se transformarían para la producción de paz.<sup>462</sup> La guerra había completado y escalado el proceso de diversificación que empezó con el nuevo siglo. La industria demostraba las “posibilidades ilimitadas” de la química a través de la guerra, y la guerra demostraba que las premisas de los padres de la KWG eran correctas. Durante la guerra la economía de mercado a la que estaban acostumbrados los líderes de la industria alemana prácticamente desaparece. La distribución y la demanda son controladas por el ejército, pero el desarrollo y su aplicación continúan, incluso son empujados hasta sus límites de posibilidad porque las alternativas resultan esenciales.<sup>463</sup> Tras la Segunda Guerra Mundial la mecánica del proceso se ha hecho más conocida, pero quizá hemos olvidado las dificultades con la que topa la adopción a gran escala de tecnologías completamente nuevas. Las posibilidades serán muy limitadas si el entorno tecnológico es atrasado o los métodos para innovar no han sido perfeccionados por la experiencia. En 1915, Alemania podía contar con ambas tradiciones bien establecidas; puede que su único punto débil fuera la escasa atención prestada a las pruebas de campo antes de llevar las armas al frente.

Paso ahora a examinar con más detalle el papel de las empresas alemanas en la guerra química<sup>464</sup>. En fechas tan tempranas como otoño de 1914 Bayer suministraba gases lacrimógenos al ejército, y ya durante el invierno de 1915 el Estado Mayor se dirigió a Duisberg en primer lugar.<sup>465</sup> Éste mantenía excelentes relaciones con el Coronel Bauer y tenía acceso a las operaciones

---

<sup>462</sup> Frucht (2005).

<sup>463</sup> Armeson (1964)

<sup>464</sup> Seguiré a Haber (1986), pp. 156 y siguientes.

<sup>465</sup> Stolzenberg en Lesch (2000), pp. 57 y sigus.

técnicas del ejército. Bayer se convirtió rápidamente en la unidad de producción de guerra química más importante y diversificada, y sus actividades iban desde la síntesis de gases hasta la fabricación de máscaras, pasando por el difícil llenado de proyectiles. Mientras tanto, inducida por el mando del ejército, la empresa llegó a acuerdos con BASF y Hoechst para distribuir las especialidades y racionalizar el uso de materias primas. Bayer, como única empresa que contaba con reactores continuos refrigerados capaces de hidroclicar el tiodiglicol, se encargó de la producción final del gas mostaza; tan sólo la falta de mano de obra cualificada retrasó este proceso hasta Marzo de 1917. No hubo tales problemas con el difosgeno, que Bayer preparaba a partir del fosgeno suministrado por BASF. La compañía instaló las nuevas y tecnológicamente exigentes plantas de llenado de proyectiles en Dormagen; justo en la orilla contraria del Rin, en Leverkusen, los gases tóxicos eran procesados para el corto transporte. Varias plantas farmacéuticas se adaptaron para fabricar filtros de máscaras; Bayer llegó a suministrar 75.000 tambores al día. Hay que hacer notar que toda esa actividad implicó muy pocas inversiones extraordinarias, aparte de Dormagen que había sido íntegramente pagada por el Reich. La única expansión se hizo en la capacidad de cloro electrolítico, que creció de 1000 Tm en 1914 a 4000 dos años más tarde. El descubrimiento más importante relacionado con la guerra química se produjo también en los laboratorios de investigación de Bayer-Leverkusen cuando, en 1935, el Dr. G. Schrader encontró que la acidoamida cianogeno-fosfórica presentaba una toxicidad extrema; a pesar de su nulo valor comercial como pesticida, el compuesto se patentó y los responsables de Bayer atrajeron el interés de las SS al respecto durante el periodo nacionalsocialista. El producto, primer gas nervioso de la historia, recibió el nombre de “Tabun” y entró en producción a gran escala en Dyrhernfurth, Silesia, en primavera de 1942; nunca se utilizó en combate.<sup>466</sup>

---

<sup>466</sup> Köhler (1990).

Las especialidades de guerra de BASF fueron los intermedios y el fosgeno, para el que se utilizaba en Ludwigshafffen el gran volumen de monóxido de carbono disponible como subproducto de la cercana planta amoniaca de Oppau. La producción preguerra, 1800 Tm/año, creció hasta llegar a 7200Tm; la capacidad de fabricación de cloro creció de 13.000 a 16.000 Tm/año entre 1914 y 16. BASF era también la única proveedora de intermedios para el gas mostaza pues, como ya se ha mencionado, los había fabricado durante años para el índigo. Éstos se transportaban hasta la planta de Bayer en Leverkusen mediante técnicas ensayadas durante años con este tipo de productos. BASF fue la responsable de algunos retrasos en el suministro de estos intermedios debido a que su personal de ingeniería y diseño estaba sobrecargado de trabajo con la nueva planta de amoníaco en Leuna y la ampliación de Oppau; no fueron capaces de atender convenientemente las ampliaciones de instalaciones más tradicionales. Como resultado de ello BASF pudo liberarse de los compromisos adquiridos con el ministerio de guerra para abordar la última fase de producción de gas mostaza, la más peligrosa y carente de salida tras la guerra.<sup>467</sup>

Farbwerke Hoechst se vio envuelta en la segunda fase de la guerra química debido a su experiencia con los compuestos de arsénico, emprendiendo la fabricación de DA y DL en Mayo de 1917. Inicialmente las cantidades suministradas fueron muy pequeñas, pero al incrementarse la producción su estrecha colaboradora Casella también se vio implicada. A finales del invierno de 1918 Hoechst empezó a producir a también DC a gran escala, un aerosol que, combinado con la “mostaza”, sería decisivo para la ruptura de la gran ofensiva de primavera. Toda la producción se llevó a término en las instalaciones de Hoechst para tintes azo- o anilín-, que se encontraban muy por debajo de sus posibilidades debido al embargo.

---

<sup>467</sup> Haber (1986), p.158. y sigus. para el papel concreto de estas empresas.

Hoechst también sintetizó difosgeno, en segundo lugar tras Bayer con 3600 Tm.

El resto de empresas tuvieron un papel secundario. En mayo de 1917 Kuhlbaum completó su planta de llenado de proyectiles al este de Berlín, con una capacidad de 24.000 casquillos de 77mm al día. Debido a sus instalaciones electrolíticas, Griesheim-Elektron fue elegida como el principal productor de cloro, con 34.500 Tm distribuidas (sobre todo a Bayer y Agfa) entre 1915 y 1918. La principal labor de Agfa fue llenar proyectiles de “Cruz Azul” (otra arsina). Recordemos que todas estas firmas eran miembros de la “pequeña I.G.” y coordinaban por lo tanto sus esfuerzos productivos.

Para sus máscaras los alemanes confiaron en casi veinte firmas, más de la mitad de las cuales eran metalúrgicas o se dedicaban al caucho o al textil. El carbón activo se obtenía de Aussiger Verein, una empresa químico-minera, mientras que Siemens y Auer-Gesellschaft. La Auer estaba dirigida por Lonard Koppel, el mayor benefactor del instituto de Haber. Su planta berlinesa de bulbos de bombilla estaba apunto de cerrar debido al cese de las exportaciones cuando Haber se encargó de dirigir hacia ella el gran contrato del ejército para la fabricación de máscaras.<sup>468</sup> Basándose en su experiencia en la fabricación de bombillas, producían las ventanillas de visión de las máscaras y ensamblaban el conjunto.

En términos puramente cuantitativos la guerra química fue un negocio relativamente pequeño si lo comparamos con los ácidos sulfúrico o nítrico, e incluso el amoníaco.<sup>469</sup> La producción alemana destaca sobre las aliadas, aunque se malgastó mucho cloro en el poco eficaz difosgeno. Pero el esfuerzo de guerra que se esconde tras los gases representa algo más que las cifras de producción; el acceso a los materiales y a una industria bien

---

<sup>468</sup> Haber (1986), p. 160.

<sup>469</sup> Haynes (1954), vol. III, cap. 28

preparada, la experiencia en producción a gran escala, la familiaridad con la tecnología química o las buenas relaciones con el ejército forman hoy día parte de las funciones normales de administración. Pero entonces sólo unas pocas personas eran conscientes del valor de semejante organización; Duisberg y Haber dejaron su huella en la historia de la investigación y el desarrollo con fines militares. Haber sabía exactamente qué quería y como obtenerlo de los fabricantes con el mínimo retraso; sus dificultades eran específicamente alemanas, y tenían que ver con el status y el rango: En el Estado Mayor Bauer y la oficina técnica eran receptivos a la innovación, pero en el frente las jerarquías militares, especialmente en artillería hasta el mando de Bruchmüller en primavera del 18, presentaban toda clase de problemas e incompetencias. Tras su incorporación tardía a la guerra los militares estadounidenses demostraron aprender más rápido y poder gastar más. En 1919 su capacidad de producción habría superado la alemana.<sup>470</sup>

Antes de la guerra Adolf von Harnack había escrito ya sobre la relación entre *Wehrkraft* y *Wissenschaft*, fuerza militar y ciencia, “los dos grandes pilares de la grandeza alemana”<sup>471</sup>. En el arriba citado informe de 1916, Harnack retomaba el tema desde una nueva perspectiva:

“Nuestros enemigos han logrado algo inesperado para ellos: la unión de la ciencia y la fuerza militar alemanas. Por supuesto, todos nosotros sabíamos que estos dos pilares estaban unidos en la profundidad de sus cimientos, pero no sabíamos que esa unión era tan inmediata como para promover la fuerza

---

<sup>470</sup> Brown (1968), Jones (1969) y Haber (1986), p. 177.

<sup>471</sup> Memorando de 1910, p.10. En el Archiv zur Geschichte der Max Planck Gesellschaft (Dahlem), Ia1, Gründung der Kaiser Wilhelm Gesellschaft zur Forderung der Wissenschaften, vol. 1, p. 32.

militar directamente a través de la ciencia y encontrar constantemente nuevas conexiones entre ambas...”<sup>472</sup>

Ese mismo año Harnack fue condecorado con la Cruz de Hierro; Fischer la ostentaba desde 1915. Haber veía con alborozo la caída del muro entre los círculos militares y científicos; en 1917 declaraba su intención de que la Sociedad Káiser Guillermo para las Ciencias Técnicas y Militares, a través de la cual se empezaban a coordinar los esfuerzos científicos dirigidos a la guerra, se convirtiera en una conexión permanente entre ambos mundos.<sup>473</sup> Los instrumentos necesarios habían estado en el lugar necesario para integrar la ciencia alemana en el esfuerzo de guerra. Entre esos instrumentos los Institutos del Káiser y los científicos al frente de ellos representaron un papel crucial tanto en el desarrollo armas como en la organización de uso, distribución y sustitución de materias primas estratégicas. Por supuesto, organizaciones similares se crearon en todas las naciones beligerantes; lo característico de la KWG es que emergió antes de la guerra, en una atmósfera de intensa competición internacional que estaba empezando a dar a la investigación científica el estilo de guerra fría que tendría medio siglo más tarde. El memorando de Harnack, los discursos de Fischer, las intenciones de todos los contribuyentes se basaban en la premisa de que la KWG no se dedicaría tan solo a la ciencia, sino también al interés nacional; ¿hay algo más importante para el interés nacional que ganar una guerra? Aunque no se puede afirmar (salvo, quizá, en el caso de Haber) que los promotores de la sociedad tuvieran aplicaciones militares en mente, existe una continuidad fundamental entre los acontecimientos anteriores y posteriores a Agosto de 1914 en la línea de convertir la ciencia en uno de los pilares fundamentales de la nación. El mismo conocimiento científico que podía favorecer la

---

<sup>472</sup> Adolf von Harnack, Nachlass Harnack, Handschriftenabteilung, caja 24, *Sammlungs der Senats Protokolle* 1916, Deutsche Staatsbibliothek, Berlin.

<sup>473</sup> Szöllosi-Janze (1998), p.

competitividad industrial podía también fortalecer el poder militar. El proceso de “modernización conservadora” preparó, quizá inconscientemente, la KWG para la guerra poniendo a los hombres adecuados, con las ideas adecuadas, en los puestos clave y justo a tiempo. Lo había hecho, sin embargo, por motivos equivocados: conservar la rígida definición de prioridades oficiales que impedían al gobierno financiar la investigación en química y mantener la estrecha visión que impedía a las autoridades militares comprender la naturaleza de la guerra que se avecinaba, descuidando su adecuada preparación.

En 1917 el ministerio de guerra quiso asentar el patrón de investigación científica de armamento mediante la creación de un instituto permanente dedicado a la investigación de gases.<sup>474</sup> El resto de institutos podrían volver a sus trabajos de preguerra, pero la inercia y la ventaja alemanas en este campo no se perderían. Dado que se esperaba obtener aplicaciones pacíficas en el campo de los pesticidas, el ministerio de agricultura ayudaría a financiar el proyecto, al igual que había hecho durante la guerra con el aumento de la producción de nitrógeno para fertilizantes (ver apartado siguiente). Haber trabajó en los detalles, enfatizando la necesidad de añadir una sección que se ocupara específicamente de los problemas militares, tal y como enseñaba la lección de esta guerra.<sup>475</sup> Por supuesto, ninguna institución encargada de unir permanentemente ciencia y guerra sobreviviría en una Alemania que había perdido su primera guerra total. En 1918, casi al mismo tiempo que le era entregado el premio nobel por “garantizar la alimentación de la humanidad a través de los fertilizantes nitrogenados”, Haber era inculcado como criminal de guerra por el tribunal asociado al tratado de Versalles.<sup>476</sup>

---

<sup>474</sup> Haber (1986), cap. 9.

<sup>475</sup> Hahn (1999).

<sup>476</sup> Frucht (2005).

En resumen, Alemania dio con la iniciativa de iniciar la guerra química a gran escala y pudo llevarla a cabo gracias a una industria química capaz de responder a todas las demandas, así como a un personal científico cualificado y bien dispuesto previamente para servir al estado. Gracias a su red de contactos tanto en la academia como en la industria, además de a su evidente talento organizativo, Haber se erigió en el líder del programa, por lo que su instituto KWG se transformó en el centro de investigación y desarrollo de gases y respiradores. Además, en un ejemplo palpable de la estrecha relación que la guerra tejió entre los científicos, los empresarios y los militares, desde su despacho en el ministerio de guerra Haber se encargó de coordinar los requerimientos del ejército con la producción de las plantas industriales. Por su parte, la estructura y la experiencia de las industrias químicas alemanas resultó clave en el éxito de los suministros para sostener un programa siempre creciente de guerra química.<sup>477</sup> La relativa facilidad con la que las grandes empresas alemanas fueron capaces de poner en marcha la producción en masa de armas químicas se explica por la enorme diversidad de la producción de compuestos orgánicos antes de la guerra, dado que muchos de los intermedios utilizados en la fabricación de tintes y medicamentos se podían adaptar fácilmente a la producción de gases tóxicos. Estos cambios se pudieron implementar con rapidez gracias a la estructura de investigación y desarrollo puesta en marcha en torno al cambio de siglo, ayudando por su parte a consolidarla como estrategia y ampliarla en personal y medios. Que la “wunderwaffe” (arma milagrosa) resultara un fracaso continuado en el frente se debió a motivos militares, no a científicos o industriales.<sup>478</sup> Por su parte, los químicos de la KWG, a través de su colaboración con el ejército en plena guerra, descubrieron que la ciencia, y especialmente la química, estrechamente unida ya a la tecnología a través de la industria, podía representar un papel

---

<sup>477</sup> Haber (1986), p.272.

<sup>478</sup> Haber (1986) dedica su cap.11 a analizar el fracaso de los militares, al no ser capaces de aprovechar el éxito científico-industrial.



fundamental. En todas las naciones beligerantes se crearon instituciones similares a la KWG, pero lo que diferencia a ésta de aquellas es su aparición antes de la guerra, con unos argumentos justificativos y un enfoque de la investigación orientados a la competencia internacional, que se podían adaptar fácilmente a una plena colaboración militar en el posterior estado de guerra. Se iniciaba la era de la guerra total en lo que a la ciencia química respecta.

### **3.2 La industria química alemana durante la guerra.**

“Yo era uno de los hombres más poderosos de Alemania; era más que el comandante de un gran ejército, y más que un capitán de la industria. Yo era un fundador de industrias: Mi trabajo era esencial para la expansión económica y militar de Alemania. Todas las puertas se abrían ante mí.”

Fritz Haber, 1933.<sup>479</sup>

Una vez más no puedo dejar de mencionar a Lutz Haber (1971); su capítulo 7 está específicamente dedicado a la Gran Guerra. Aunque se centre en el caso americano, también se puede encontrar información sobre Alemania en Haynes (1954), vols. II y III. En Köhler (1990) se describe y analiza detalladamente el papel de Bayer, BASF y Hoechst durante la guerra, mientras que Abelhauser (2002) se centra en BASF. Artículos muy interesantes por su perspectiva son los de Szöllosi-Janze y Marsch en Lesch (2000), así como el de McLeod en Travis et.al. (1998). Para conocer el papel

---

<sup>479</sup> Fritz Haber, en 1933. Citado por Chaim Weizmann (1949), p.354. Bioquímico alemán y más tarde primer presidente de Israel, Weizmann tuvo contacto directo habitual con Haber en la posguerra.

de Fischer en relación con la industria cuento, además de con el ya citado Fischer, E. (1922), con Moy (1989) y Weinberg (1919). Sigo contando también con el testimonio del propio Carl Duisberg (1933), dado su papel protagonista en la configuración de la industria de guerra. Unos estudios de caso interesantes acerca de la producción de explosivos y su tecnología de doble uso son Johnson (cap.1) y Kinder (cap.4) en McLeod, Johnson (2006). Para comprender mejor la organización del conjunto de la economía alemana durante la guerra se pueden consultar Armeson (1964) y Stopler (1940). Finalmente, en Freemantle (2014) el lector encontrará una narración muy sintética y amena, aunque un tanto superficial, de los hechos de la Primera Guerra Mundial relacionados con la química.

A pesar de la espectacular irrupción de las armas químicas en el frente, ni su efectividad ni las cifras del proyecto las hacen merecedoras de que se haya calificado a menudo la Primera Guerra Mundial como “la guerra de los químicos”<sup>480</sup>. Si la Gran Guerra merece este nombre es más bien gracias al papel que la industria química tuvo en la retaguardia, especialmente en Alemania, donde la intervención de las nuevas tecnologías permitió continuar con el envío de municiones al frente y fertilizantes a los campos de cultivo, tras el fracaso de las ofensivas relámpago. Las guerras del siglo XX se iban a librar no sólo en el campo de batalla, sino también en el campo industrial, lo que implica la movilización de todos los recursos económicos y sociales de la nación.<sup>481</sup> Ante la manifiesta escasez de materias primas la química alemana, no sólo por su potencial industrial sino también por su capacidad de innovación, resultó decisiva mediante el desarrollo de sustitutos sintéticos. Se puede trazar un antes y un después de esta guerra en el desarrollo de la industria química, una línea marcada menos por nuevos métodos o productos

---

<sup>480</sup> El último en hacerlo ha sido Freemantle (2014) en el mismo título de su libro.

<sup>481</sup> Seguimos el concepto de Guerra Total que se discute en Chickering, Förster (2000)

que por el extraordinariamente rápido crecimiento cuantitativo de las innovaciones tecnológicas disponibles inmediatamente antes del estallido de la contienda.<sup>482</sup> El bloqueo naval británico<sup>483</sup> creó una circunstancia excepcional para estas nuevas tecnologías: Un mercado doméstico cuyos mecanismos normales de competencia y suministro se vieron profundamente alterados, una economía de guerra en la que el gobierno era el único demandante y por último, pero no menos importante, la adhesión de los empresarios alemanes al objetivo de ganar la guerra a toda costa.<sup>484</sup> La economía de guerra era un invernadero en el que el crecimiento de procesos importantes para el frente y la retaguardia se aceleraba exponencialmente en comparación con lo que hubiera sido su desarrollo en circunstancias normales. Con la ayuda de subsidios estatales se pusieron en marcha plantas gigantescas que, se suponía, iban a seguir siendo rentables tras la guerra gracias a los bajos costos de producción logrados durante la guerra. En este invernadero industrial no sólo se transformó la apariencia y la estructura de la industria química; su peso en relación con otros sectores también aumentó. La química ganó terreno en comparación con el carbón, el acero o la electricidad.<sup>485</sup>

Como ejemplos más importantes de estos desarrollos examinaremos aquí la síntesis de compuestos nitrogenados en BASF, en especial dos procesos que se encontraban en distintos niveles de desarrollo científico e industrial. Al empezar la guerra, el proceso de oxidación de amoníaco para obtener ácido nítrico aún no había sido implementado a gran escala; permanecía en su etapa experimental. En cuanto a la síntesis de amoníaco mediante el proceso Haber-Bosch BASF, recordemos, acababa de emprender

---

<sup>482</sup> Haynes (1954), como se deduce de la propia estructura de los vols. II y III.

<sup>483</sup> Sobre el bloqueo naval, Offner en Chickering, Förster (2000), cap. 9.

<sup>484</sup> Armeson (1964).

<sup>485</sup> Ver las tasas de crecimiento comparando las tablas de Haber (1971), cap.5 y 6 frente a cp. 7, 8 y 9.

la producción a gran escala en su planta de Oppau; aún era demasiado escasa y cara como para resultar competitiva frente al barato nitrato chileno o, incluso, el proceso de la cianamida. A pesar de todas las diferencias de detalle, ambos ejemplos dejan claro que científicos de primera línea como Fischer o Haber jugaron un importante papel en la competencia de la industria por las cuotas de mercado; sería erróneo interpretar el papel de los químicos en el esfuerzo de guerra atendiendo sólo a las aplicaciones que su trabajo de laboratorio pudo tener en el campo de las armas químicas. El terreno ganado por la industria química durante la guerra demuestra la gran importancia de la iniciativa de estos científicos no sólo en el estrecho campo de la ciencia, sino también en su función como mediadores en la comunicación entre industria y ejército.<sup>486</sup> En una época en la que apenas existían relaciones institucionales entre los subsistemas sociales de la química y el ejército, y ni siquiera un lenguaje común que pudiera hacer inteligible para una parte las necesidades y los objetivos de la otra, los científicos se encargaron de “traducir” la química y la industria para los militares y hombres de estado. Fueron estos químicos quienes primero identificaron problemas estratégicos, ofrecieron posibles soluciones e hicieron de agentes mediadores para que estas entraran en funcionamiento. Como hemos podido comprobar más arriba, existía ya una larga tradición de entendimiento entre la investigación química y la industria: La simbiosis académico-industrial de preguerra había desarrollado una lengua común y cimentado la posibilidad de una cooperación sistemática en dominios como la economía o la tecnología militar. Como también veíamos más arriba, existió a su vez una interacción directa de personal de la industria y la investigación con autoridades gubernamentales antes de la guerra: Pensemos en el papel de las asociaciones técnicas en el desarrollo de la ley de patentes, normalización o política educativa. Este fértil y exitoso espíritu de

---

<sup>486</sup> Moy (1989) y Stolzenberg en Lesch (2000), pp.57-90, para el papel mediador de Fischer, Haber y Duisberg.

cooperación queda reflejado también en la fundación de la KWG y sus institutos a partir de 1911 que, aunque limitado a los ministerios de educación y finanzas, contó con la participación personal del Káiser. Las autoridades militares que serían decisivas durante la guerra, el Alto Mando (OHL, por sus iniciales alemanas, “Ober Heeren Leitung”) y el Ministerio de Guerra, no estaban incluidas en este proceso de comprensión y cooperación. Los científicos representaron, por lo tanto, un papel difícil de sobreestimar al liderar una iniciativa de cooperación sistemática con ellos: Con dos hijos en el frente, Emil Fischer consideraba un deber patriótico el llevar a cabo esa mediación. Fue él quien pidió formalmente al OHL cobertura aérea para el complejo de BASF en Ludwigshafen, después de que éste sufriera su primer bombardeo de aviación.<sup>487</sup> El consejo de Fischer fue requerido en casi cada aspecto técnico del esfuerzo de guerra. Como veremos, una de sus herramientas diplomáticas preferidas para asegurar la colaboración de la industria fue subrayar cuán rentables serían las nuevas plantas y procesos tras el armisticio.<sup>488</sup> Fritz Haber lo expresó de forma jocosa en Abril de 1918:

“La relación entre nuestra ciencia, nuestra industria y nuestro ejército era incompleta antes de la guerra. Los generales vivían, por decirlo así, en el segundo piso, y saludaban a los industriales que vivían debajo sólo cuando se cruzaban en la escalera. Para comunicarse han utilizado a los científicos, que vivían en la entreplanta.”<sup>489</sup>

Los científicos asumieron conscientemente que eran competentes para ejercitar un considerable poder social no sólo como académicos, sino también como agentes de comunicación entre esferas estratégicas:

---

<sup>487</sup> Ch. Geinitz en Chickering, Förster (2000), cap.11.

<sup>488</sup> Moy, T.D. (1989) y Fischer (1922).

<sup>489</sup> En Szöllösi-Janze (1998), p.

“Yo era uno de los hombres más poderosos de Alemania; era más que el comandante de un gran ejército, y más que un capitán de la industria. Yo era un fundador de industrias: mi trabajo era esencial para la expansión económica y militar de Alemania. Todas las puertas se abrían ante mí.”<sup>490</sup>

No resulta fácil determinar exactamente el papel de los científicos, pues estos carecían de los indicadores de poder acostumbrados: altos grados políticos o militares, o bien puestos ejecutivos en grandes empresas. Su papel fue informal, especialmente durante la primera mitad de la guerra; se relacionaban con individuos más que con instituciones, quedando fuera de las estructuras burocráticas. Eran hombres lo suficientemente flexibles como para desempeñar tareas no adscritas a nadie, pero absolutamente imprescindibles. Haber, por ejemplo, definía su función simplemente como “consejero del Ministerio de Guerra”, un “simple” asesor técnico que ofrecía su experiencia y su amplia red de contactos en un patriótico acto de automovilización. Sólo más tarde se fue integrando gradualmente en el aparato militar, de forma significativa no por sus tareas de mediador, sino como parte de sus actividades militares en la guerra química.<sup>491</sup>

## **BASF. Nitrógeno, ácido nítrico y la KRA.**

El ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) ocupaba un lugar central entre los productos químicos imprescindibles para el esfuerzo de guerra, pues resulta necesario para producir todos los propelentes y explosivos modernos. Incluso antes de

---

<sup>490</sup> Fritz Haber, en 1933. Citado por Chaim Weizmann (1949), p.354. Bioquímico alemán y más tarde primer presidente de Israel, Weizmann tuvo contacto directo habitual con Haber en la posguerra.

<sup>491</sup> Moy (1989).

la transición a una guerra de posiciones quedó claro que las 600 Tm mensuales de explosivos y 475 de propelentes estipuladas por el plan de movilización eran ridículamente escasas para conducir las operaciones, pero el alto mando seguía sin tener claro las cantidades regulares que serían necesarias. En un aberrante error de juicio, en Noviembre de 1914 aún se estimaba que las necesidades de nítrico durante el siguiente año ascenderían a tan sólo 28.000 Tm; las necesidades mensuales del ejército (sin contar, por tanto, las de la marina) en Agosto de 1915 alcanzaban las 10.000 Tm, mientras que un año más tarde el plan Hindenburg doblaría esa cantidad, 20.000 Tm mensuales de ácido. Ni las necesidades de las potencias centrales ni el consumo para otras ramas de la industria se incluía en estas estimaciones.<sup>492</sup>

Walter Rathenau consideró la solución del suministro de nitrógeno como la primera y más acuciante tarea de su recién creada Sección de Materias Primas de Guerra (*Kriegs Rohstoff Abteilung* o KRA):

“He ordenado la construcción de grandes plantas de nitratos, que serán levantadas por la industria privada con subsidios gubernamentales y aprovecharán las ventajas de los recientes desarrollos tecnológicos. Olvidaremos la terrible carencia de importaciones en apenas unos meses.”<sup>493</sup>

Las palabras y el trabajo de Rathenau dejarían impronta en la ideas alemanas acerca de la movilización para una guerra total: Albert Speer, Ministro de Armamentos de Hitler a partir de 1943, cita repetidamente la labor de Rathenau treinta años antes, a pesar de que se trataba de un judío:

“Con los poderes que Hitler me había otorgado y con Göring ya tranquilo respecto a sus prerrogativas, pude poner en marcha la autorresponsabilización de la industria que mi esquema establecía. Aunque

---

<sup>492</sup> Cifras de Eucken (1921). 87f, 105.

<sup>493</sup> Rathenau, W. a Mutius, G., 10 de Octubre de 1914. Citado en Wilderotter (1993), p.372.

hoy se da por hecho que la inesperada y rápida mejora en la producción de armamento se ha de atribuir a este sistema organizativo, sus bases no eran en absoluto nuevas. Tanto el mariscal Milch como el Dr. Todt habían empezado a encomendar tareas de dirección a los técnicos más notables de las principales fábricas. Sin embargo, el Dr. Todt había tomado esta idea de otro: El verdadero promotor de la autorresponsabilización de la industria fue Walther Rathenau, el gran organizador judío de la economía de guerra durante la Primera Guerra Mundial. Su idea de que se podía aumentar de manera considerable la producción mediante el intercambio de experiencias técnicas, la división del trabajo entre las distintas fábricas y la normalización de los productos lo llevó, ya en 1917, a asegurar que se podía llegar al doble de producción con las mismas instalaciones y costes. En un rincón del ministerio de Todt trabajaba un antiguo colaborador de Rathenau; el Dr. obtuvo muchos datos de él.”<sup>494</sup>

Ya en Agosto de 1914, la sección de Rathenau había iniciado una búsqueda de información para determinar qué procesos existían para fabricar ácido nítrico lo más rápido y a la mayor escala posible. El estudio no hacía ninguna conjetura acerca de la duración de la guerra, buscando posibilidades de expansión de las plantas existentes, así como la creación de nuevas, sin ningún objetivo preciso. La KRA contactó con expertos como Emil Fischer y Fritz Haber, que ya se movían en el privilegiado círculo social de Rathenau en Wansee antes de la guerra, para que evaluaran los resultados del estudio. Ambos científicos ya estaban al tanto de la cuestión, pues Fischer había contactado por propia iniciativa con la sección de producción del Ministerio de Guerra. Esta oficina era la encargada tradicional de adquirir explosivos para el ejército de tierra, pero perdió esa autoridad tras la vehemente

---

<sup>494</sup> Speer (1969), p. 379. En torno al papel de Rathenau, Consultar también Rathenau (1917) y Wilderotter (1993).



demanda de Rathenau; la KRA acumulaba toda la responsabilidad en esas áreas en Octubre de 1914.<sup>495</sup>

Recordemos que existían dos formas de producir ácido nítrico, la directa mediante oxidación de nitrógeno gaseoso en arco eléctrico y la indirecta mediante oxidación de amoníaco. Fischer consideraba el método indirecto como mucho más prometedor para el esfuerzo alemán, pero a principios de la guerra tan sólo existía un desarrollo de este método con vistas a la producción industrial, desarrollo apoyado por una considerable constelación de intereses industriales. El manager de Lothringen, Hilgenstock, contactó con Fischer para ofrecerle la fantástica promesa de construir veinte plantas como la de Gerthe en tan sólo cinco meses, capaces de producir 6000 Tm mensuales de nitrato sódico. Los barones del carbón del Rhur hablaban a través de Hilgenstock, con la esperanza de que el amoníaco obtenido como subproducto del coque acabara siendo la principal fuente de abastecimiento para explosivos.<sup>496</sup> Este se vendía a través de la Deutsche Ammoniak-Verkaufsvereinigung (DAV) en Bochum. Las sociedades que componían la DAV revelan los intereses tras el proceso de Ostwald: compañías mineras del Rin y Westfalia, fabricas de coque de la Alta Silesia y las industrias del gas. Las empresas metalúrgicas estaban también directamente implicadas, pues utilizaban el 90% del coque producido en tiempos de paz. En 1914 el nitrógeno total producido mediante hornos de coque ascendía a 110.000 Tm, en segundo lugar del suministro total tras las 120.000 Tm extraídas de los nitratos de Chile. Los directores del sindicato renano del carbón garantizaron, de hecho, a Emil Fischer que harían todo lo que estuviera en su mano para poner en marchas las plantas de Lothringen si se llegaba a un acuerdo con el gobierno. Estos planes, además, aprovecharían

---

<sup>495</sup> Papel del KRA en Haber (1971), pp.227-33.

<sup>496</sup> McLeod, Jonson (2006), cap.1.

la existencia del Instituto KWG en Mülheim para mejorar técnicamente el proceso.<sup>497</sup>

A la hora de considerar el proyecto de nitratos-nítrico de BASF, conviene tener siempre en mente la posibilidad que representaba a medio plazo: de asegurar nuevos mercados para el amoníaco. El propio Fritz Haber, que recibía 0.15 marcos por kilogramo de amoníaco producido de acuerdo con su contrato, dirigió la atención del comité ejecutivo hacia las enormes posibilidades que presentaba la conversión del amonio en nitrato. Desde la primavera de 1913 los químicos de BASF buscaban sistemáticamente un catalizador barato que sustituyera al prohibitivo platino de Otswald/Lothringen. Seis meses más tarde habían dado con un promotor complejo de hierro, pero a comienzos de la guerra aún no podían ni soñar con implementar este proceso a escala industrial. Cuando el 21 de Agosto de 1914, en nombre aún de la sección de producción de Ministerio de Guerra, Haber preguntó oficialmente a BASF si esta podía proporcionar grandes cantidades de nítrico a corto plazo, la dirección tan sólo pudo contestar que lo consideraban muy improbable. Haber, sin embargo, no se rindió; continuó los contactos personales con BASF a este respecto, y más tarde, tras la desastrosa batalla del Marne, organizó encuentros directos entre los responsables de BASF y Rathenau en Berlín. Haber pidió también a Emil Fischer que hablara con Carl Bosch para asegurar el apoyo del director técnico más prestigioso de la empresa.<sup>498</sup>

La insistencia de los líderes de la química alemana obtuvo sus frutos. Después de que el experto en catálisis, Alwin Mittasch, asegurara que los experimentos de laboratorio apuntaban hacia un más que posible escalado industrial, Bosch presentó al alto mando el compromiso de construir una planta con capacidad para 5000 Tm mensuales de nitrato sódico el 28 de

---

<sup>497</sup> Szöllosi-Janze en Lesch (2000), p. 99.

<sup>498</sup> Haber (1971), pp.202-4.

Septiembre, durante la reunión inaugural del *Kriegschemikalien Aktien Gesellschaft*. BASF arriesgaba capital y credibilidad en una empresa sin pruebas a gran escala, ninguno de cuyos componentes existía aún. Ante esta incertidumbre, Fischer recomendaba en su memorando mantener los contactos con Lothringen, aunque reiteraba su confianza en BASF. Con toda su autoridad de Premio Nobel, representaba ante el gobierno el punto de vista de los industriales, que ya pensaban en el mercado de posguerra: Sabía que las enormes instalaciones planteadas no resultarían rentables en tiempos de paz, por lo que el gobierno debería financiar su construcción; la empresa no se arriesgaría a pedir créditos con semejantes perspectivas.<sup>499</sup>

Los planes de construcción empezaron en Octubre, mientras la negociación del contrato seguía adelante. Haber desempeñó un doble papel en estas negociaciones: Debido a sus estrechos contactos con Wichard von Möllendorff, director de la sección química de la KRA, Haber conocía los detalles de las ofertas hechas por las empresas interesadas, e informó a BASF sobre el proceso de toma de decisiones en los Ministerios de Guerra y Agricultura, una información que otorgó a la firma de Ludwigshaffen la ventaja decisiva. Además, parece demostrado que Haber utilizó su influencia para que el ejército permitiera a muchos químicos e ingenieros de BASF volver del frente, varios meses antes de que se empezara a licenciar a este tipo de trabajadores de forma sistemática. Por ultimo, Haber actuó como agente de la KRA a la hora de llegar a diversos acuerdos con las empresas químicas, una función que exigió de toda su habilidad diplomática; en tono patriótico, Haber reclamaba una hazaña conjunta de la industria química nacional dado que las firmas, durante esta primera época de competencia por los contratos gubernamentales, tendían a luchar hasta la extenuación en defensa de sus propios intereses.<sup>500</sup>

---

<sup>499</sup> Moy (1989).

<sup>500</sup> Szöllösi-Janze en Lesch (2000), p. 101.

El contrato que ligaba a BASF con el Ministerio de guerra estaba ya redactado a mediados de Noviembre de 1914, pero las siempre crecientes demandas militares de nitratos hacían necesaria una ampliación del proyecto original que retrasó la firma hasta finales de Enero. El contrato satisfaría todas las demandas de Fischer y garantizaba a BASF un subsidio de seis millones de marcos, que sólo tendría que devolver en parte si continuaba produciendo nitrato sódico seis meses después de terminada la guerra. Por su parte, BASF se comprometía a tener una planta operativa antes del 1 de Mayo de 1915, capaz de producir 7500 Tm mensuales a plena capacidad. La “cláusula de renuncia al beneficio” obligaba a la empresa, por otra parte, a vender su producto al ejército a precio de coste, unos 320 marcos por Tm (bastante más caro que el nitrato chileno), una estimación nada magnánima teniendo en cuenta que el amoniaco Haber-Bosch utilizado en el proceso costaría unos 110 marcos por Tm. Al igual que el proceso de Ostwald tenía detrás los intereses de los productores de carbón para el amoniaco de hornos de coque, el proceso de BASF contaba con expandir su propio niño prodigio, el Haber-Bosch.<sup>501</sup> La planta de Oppau producía tan sólo 750 Tm mensuales de amoniaco a comienzos de la guerra, muy por debajo en cantidad y por encima en el precio del amoniaco obtenido de los hornos carboníferos; de modo que durante las negociaciones los expertos de BASF insistieron en la necesidad de utilizar su propio y especialmente puro amoniaco o de lo contrario, aseguraban, el catalizador para convertirlo en nitrato no funcionaría. El nítrico sintético sirvió a BASF como caballo de Troya para ampliar su planta de amoniaco Haber-Bosch, en la que tanto habían invertido. Era esperable que no sólo la creciente demanda militar de nítrico, sino también la aún relegada necesidad de fertilizantes nitrogenados, crearan una enorme demanda de amoniaco. La producción masiva de este compuesto en plantas Haber-Bosch financiadas por el gobierno disminuiría los costes de

---

<sup>501</sup> Köhler (1990), cap. 2 a 4 y Abelhauser (2002)

producción y en consecuencia el proceso de BASF aumentaría su cuota de mercado incluso una vez terminada la guerra. Refiriéndose a la oferta de Lothringen y a las compañías carboníferas que representaba, Fischer recordó a los directivos de BASF cuánto debían a la “actitud cooperativa de los químicos nacionales.”<sup>502</sup>

El 24 de Octubre de 1914 se colocó la primera piedra de la fábrica de nitratos junto a Oppau. La producción en masa comenzó en Mayo de 1915, con una capacidad de 4500 Tm mensuales de nítrico para explosivos, que se trasladaba a los polvorines en forma de nitrato sódico (Weißsalz). Incluso así la demanda de nitratos seguía siendo superior a la producción; los otros dos socios del Dreibund, Bayer y Agfa, mostraron su interés por entrar en el reciente negocio del nitrógeno a mediados de 1915. A pesar de las objeciones de Haber, quien argüía que Duisberg “no tenía su proceso”, poco después se decidió producir nitratos en Leverkusen según el método de BASF; en Mayo de 1915 comenzó a construirse la planta de Bayer, mientras que la de Agfa se retrasó hasta Julio, con unas capacidades de 7500 y 3000 Tm/mes respectivamente. Ambas, por supuesto, se alimentarían con amoníaco de Oppau. A principios de 1916 ya funcionaban diez plantas de nitratos según el proceso BASF, produciendo un total de 30.500 Tm/mes. El 85% de esta cantidad provenía de las antiguas firmas de colorantes, que habían conseguido embarcarse definitivamente en el lucrativo negocio de los explosivos.<sup>503</sup>

La estructura interna de Kriegs Chemikalien Aktien Gesellschaft (KCAG) refleja el nuevo reparto de poder entre la industria química y las viejas productoras de explosivos. Al igual que otras compañías de guerra fue fundada por iniciativa gubernamental como una sociedad anónima en interés público. Su objetivo era dar rienda a las actividades comerciales de la KRA, en especial la adquisición y distribución de materias primas, controlando los

---

<sup>502</sup> Fischer a BASF, 1 de Noviembre de 1914. Fischer (1922), p.

<sup>503</sup> McLeod en Travis et.al. (1998), pp.25-51.

precios. 26 Firmas formaban parte del KCAG: el Dreibund (BASF, Bayer, Agfa) contaba con un 16,7% de participación, mientras que el Dreiverband (Hoechst, Kalle, Casella) no llegaba al 15%. Ter Meer y Grischheim Elektron sumaban un 5%. Un 36,7%, pues, para la industria química. La mayor participación correspondía al Generalkartell que representaba los intereses de la industria de explosivos, con un 43,3%.<sup>504</sup> En consecuencia, su representante Aufschläger, director de Nobel Deutschland AG (Deutsche Sprengstoff), ocupaba el cargo de director general del KCAG. El Generalkartell era todo menos homogéneo, pero se mantenía unido gracias a las esperanzas de mayores beneficios que esto suponía. Desde el principio von Möllendorf descubriría que los poderosos intereses representados (químicas y explosivos) se conjugaban bastante bien con el fin de que el KCAG no adquiriera una gran autonomía. A mediados de la guerra el balance de poder se inclinaría significativamente del lado de la industria química, debido a dos causas: Primero, la sorprendente velocidad a la que se escaló la producción de nitratos en BASF y sus socios; segundo, la supresión de métodos competitivos y la exclusión de varias empresas. El fracaso de aquellas industrias que intentaron irrumpir en el negocio de los explosivos mediante el proceso de arco resultó evidente una vez que se puso en marcha el plan Hindenburg.<sup>505</sup> Los proyectos liderados por empresas eléctricas como AEG-Griesheim terminaron en fiasco. Las fábricas de nítrico que trabajaban mediante el proceso Ostwald fueron sobrepasadas por BASF porque necesitaban del caro y escaso catalizador de platino, por no hablar de la escasa pureza del amoníaco de horno, cuya disponibilidad dependía ahora completamente de la producción de acero. Haber y Fischer no sólo habían defendido sus intereses; acertaron, gracias a su experiencia en el campo de la industria química, en prever qué proceso tendría más futuro. En 1916

---

<sup>504</sup> Buchardt (1917), pp. 84, 88, 91.

<sup>505</sup> Köhler (1990), cap. 6.

Duisberg podía regodearse de “lo bien que había salido la reorganización de todas sus líneas de producción; ya casi no trabajamos sino en relación con la guerra.”<sup>506</sup> En la primavera de 1917 las fábricas de lo que posteriormente sería I.G. Farben suministraban el 77% del alto explosivo alemán. La producción de propelentes, aún sujeta a métodos de innovación más tradicionales, permanecía en manos de la industria convencional de explosivos. Bayer también fabricó ácido pícrico y TNT (hasta 1300 Tm/mes que le convertían en el mayor productor alemán) a partir de 1915, construyendo una planta permanente con tal fin a mediados de 1917. Por su parte, Hoechst se dedicó de forma intensiva a la tecnología de explosivos, introduciendo un nuevo proceso que permitía llegar al TNT directamente desde el mononitrotolueno y llegando a producir 26.300 Tm de TNT y 17.900 de otros altos explosivos durante la guerra.<sup>507</sup>

### **Haber-Bosch frente a Cianamida.**

La fijación de nitrógeno para explosivos y fertilizantes agrícolas determinaría cuánto tiempo sería capaz Alemania de continuar con la guerra. Como hemos podido ver, únicamente el método indirecto era capaz de producir nítrico a gran escala, pero no hay que tener en cuenta tan sólo las necesidades militares. La necesidad de fertilizantes nitrogenados en un país con 70 millones de habitantes y una agricultura intensiva empezaba a ser acuciante. En Octubre de 1914 el Ministerio de Agricultura Prusiano calculó que durante la cosecha siguiente sólo un cuarto de los fertilizantes necesarios

---

<sup>506</sup> Duisberg (1933, 1), p. 1173.

<sup>507</sup> Consultar Buchanan (2006), cap.17 y 18 o Worden (1911), cap.XVIII para mayor detalle sobre los propelentes y Mc. Leod, Johnson (2006), pp. 1-17 para las industrias de explosivos estatales y privadas.

estarían disponibles a causa de la interrupción del comercio con Chile; esto reduciría el rendimiento de los campos en casi un 33%.<sup>508</sup> El fantasma de una hambruna se cernía sobre las ciudades y las tropas, amenazando con desestabilizar ambas. Pronto se comprobó que los soldados en combate necesitaban más comida que en los barracones; la ingente cantidad de prisioneros de guerra en el Este contribuyó también a aumentar la demanda de cereales; los explosivos reclamaban todo el nitrato producido en Alemania, y más. Sin un aumento espectacular e inmediato de la producción doméstica de nitrógeno, la guerra estaría perdida en menos de 18 meses.<sup>509</sup> Era necesario tomar medidas desesperadas, sin reparar en gastos. Era necesario encontrar una fuente continua y abundante de nitrógeno. Era necesario decidir entre el proceso Haber-Bosch o la cianamida.

BASF siempre había visto la cianamida como su mayor competidora. El directivo August Bernthsen no podía evitar calificarla de “ese apestoso contaminante negro, denso, lleno de cal y carbón”<sup>510</sup>. La mayor productora en 1914, Bayerische Stickstoffwerke AG (dirigida por Nikodem Caro) contaba con una capacidad de 30.000 Tm anuales y lo que es más importante, con una fuerte inversión del Deutsche Bank. Ya en 1899 el banco nacional se había embarcado en Siemens & Halske y el Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt, ambos miembros de Cyanidegesellschaft, que aplicaba las patentes Frank-Caro. Como vimos, el consorcio operaba desde 1908 la primera gran planta alemana en Trostberg, alta Baviera, donde podía confiar en la energía del río Alz.<sup>511</sup>

Dado que la capacidad de la planta de Oppau seguía siendo muy pequeña en otoño de 1914, Emil Fischer consideró inevitable que las plantas

---

<sup>508</sup> Haynes (1954), vol.II cap.6 y 8.

<sup>509</sup> Freemantle (2014), cap.6.

<sup>510</sup> Bernthsen (1909), p.1171.

<sup>511</sup> Szöllosi-Janze en Lesch (2000), pp. 106 y sigus.



de cianamida fueran también ampliadas de urgencia. Caro apuntó que esto exigía, a su vez, construir más centrales eléctricas que aportaran la energía necesaria. Fischer se encargó de poner en contacto a Nikodem Caro y Hugo Stinnes, que controlaba la Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk AG. Al igual que BASF, Caro seguía una estrategia de negocios atenta a los posibles mercados internacionales de posguerra; de acuerdo con ello, trataba de asegurarse los subsidios gubernamentales para fábricas que más tarde podrían resultar poco competitivas. Sin embargo y a diferencia de BASF, quien confiada en la superioridad técnica de su proceso asumía un mercado libre de posguerra, Caro buscaba una regulación gubernamental que sesgara la competencia. Para protegerse de unas reanudadas importaciones baratas, reclamaba un añadido de 60 marcos por tonelada de cianamida producida. Haber alertó inmediatamente a BASF para que intentara bloquear la firma de tal contrato por parte del Ministerio de Guerra. De hecho, el riesgo era grande, pues Caro había prometido poner en marcha, en pocos meses, fábricas con una capacidad de 250.000 Tm anuales; en la práctica esto supondría un monopolio sobre el mercado interior de nitrógeno.

Durante los meses de Noviembre y Diciembre de 1914, BASF condujo furiosos intentos de combatir a Caro e impedir un mercado de cianamida controlado gubernamentalmente. Los auténticos intereses de la agricultura, argumentaba BASF, no se verían satisfechos si el estado financiaba un producto caro y defectuoso como la cianamida; a largo plazo, el amoniaco Haber-Bosch era una solución mejor. Mientras, Haber compartía con la dirección de Ludwigshafen los protocolos de las comisiones ministeriales y los términos exigidos por Caro, permitiendo a BASF reaccionar a tiempo y con buenos argumentos. En esta tesitura, no sorprende que BASF accediera a dotar a sus socios Bayer y Agfa con la tecnología necesaria para aprovechar el amoniaco Haber-Bosch en plantas de nitrato: ahora la competencia con Bayerische era un problema de todo el Dreibund.

En otro frente, el grupo de presión Haber-BASF intentó sistemáticamente enfrentar en Ministerio de Guerra con el de Agricultura, donde la oferta de Caro se veía con buenos ojos ante el miedo de que sus necesidades se vieran continuamente postergadas a las militares. BASF, que con la ayuda de Haber acababa de negociar con el ejército los contratos para las plantas de nitrato, hizo saber que, de aceptarse las exigencias de Caro, no podría garantizar el suministro de amoniaco necesario para sus propias operaciones.<sup>512</sup>

BASF consideraba técnicamente posible la esperanza que tenía la KRA en doblar el suministro para finales de 1916, pero ello necesitaría, según sus estimaciones, un préstamo público de 40 millones de marcos, a devolver sin intereses poco después de que acabara la guerra. La empresa acompañaba su petición de préstamo de una previsión contractual por la que el gobierno reconocería la necesidad de libre competencia en el mercado del nitrógeno. Emil Fischer y Fritz Haber fueron convencidos representantes de los puntos de vista de BASF; ambos científicos se contaban entre los siete miembros de la comisión encargada de preparar los contratos destinados a aumentar la producción de nitrógeno (“Kommission zur Vorbereitung der Verträge zwecks Steigerung der Stickstoffproduktion”) formada el 28 de Noviembre de 1914. Haber personalmente presentó la propuesta de BASF ante la comisión. El 18 de Diciembre BASF firmaba un ventajoso contrato con el Ministerio de Agricultura; el préstamo le permitiría ampliar su planta de Oppau hasta las 37.500 Tm anuales de amoniaco (150.000 Tm de sulfato amónico). Bayer y Agfa ayudaron a garantizar la devolución de los 35 millones de marcos. Se fijó un precio máximo de 1,25 marcos por kilo de nitrógeno mientras durara la guerra, aunque los expertos de BASF estimaron que el precio de coste podría rebajarse hasa 0,50 marcos/kilo si se escalaba la producción tanto como estaba previsto.<sup>513</sup>

---

<sup>512</sup> Abelshauser (2002), cap.3

<sup>513</sup> Abelshauser (2002), p.168 y sigus.

Sin embargo, la posición de Haber y BASF no era aún tan fuerte como se podría creer. Caro seguía esperando que el gobierno comprara toda su producción de cianamida, medida que apoyaba el Ministerio de Agricultura, siempre temeroso de que el continuo aumento en la prioritaria demanda de explosivos le dejara sin nitratos. A principios de 1915 el Deutsche Bank tomó cartas en el asunto con el fin de defender sus intereses en la industria de cianamida. Su consejero Arthur Gwinner, amigo íntimo del Almirante von Müller, entró en la negociación consiguiendo el 20 de enero un compromiso de compra de toda la producción expandida de cianamida a 0,80 marcos/kilo. Unos días antes el canciller Bethmann-Hollweg había nombrado secretario de estado para Oficina Imperial del Tesoro a Karl Helfferich, también consejero del Deutsche Bank desde 1908. Helfferich entendía la guerra como una guerra de finanzas y economías nacionales; en el tema del nitrógeno veía una oportunidad de colocar al Reich en una posición ventajosa en esta nueva rama de la industria, financieramente prometedora e inestimablemente importante para la economía nacional. En aquel momento, en el que la confrontación entre BASF y Caro estaba subiendo de tono, Helfferich intervino involucrando al Reich. En cuanto al planeado aumento de la producción de cianamida, el nuevo secretario quería que el grupo de Caro se convirtiera en una empresa de economía mixta, un I.G. con participación estatal. En febrero de 1915 el Reich se comprometió a financiar con 42 millones de marcos dos nuevas plantas de Bayerische en Wittenberg y Katowicze; sus objetivos de producción eran de 150.000 y 75.000 Tm/año de cianamida respectivamente. Comenzaron a funcionar apenas doce meses más tarde aunque, debido a los problemas técnicos del proceso y el propio producto, nunca se acercaron a estas cifras.<sup>514</sup>

Los contendientes en la lucha por un monopolio del nitrógeno sabían que estaba en juego más que el suministro de guerra; los beneficios y las

---

<sup>514</sup> Szöllosi-Janze en Lesch (2000). 110 y sigus.

cuotas de mercado influirían profundamente en la economía de posguerra. Por primera vez en la historia, científicos e industriales invadieron la política nacional. En respuesta a la ofensiva del Deutsche Bank, BASF organizó una campaña de propaganda y presión que incluía visitas guiadas a la planta de Oppau para miembros del Reichstag y funcionarios de los órganos implicados. Fischer testificó ante la cámara alta, poniendo su experiencia y prestigio al servicio de BASF. Los señores de la industria química, apoyados por los científicos que habían conseguido el mayor complejo de investigación del mundo apenas tres años antes, consiguieron el apoyo de suficientes diputados como para que el Reichstag se declarara incompetente para decidir sobre la propuesta de economía mixta “Reichsstickstoffwerke” (Industrias Imperiales de Nitrógeno) apoyada por el Deutsche Bank. Después de la votación de Junio de 1915, y a pesar de que las plantas de cianamida ya se estaban construyendo y serían también decisivas en el esfuerzo de guerra, el equilibrio de poder se fue inclinando poco a poco del lado de BASF, que también explotaba sus contratos con los ministerios prusianos. En plena crisis de municiones y a la luz del primer ataque aéreo francés sobre la planta de Oppau, el 27 de Mayo de 1915, El Estado Mayor se dirigió a la Oficina Imperial del Tesoro: la producción de ácido nítrico merecía prioridad absoluta. Dado que aún no estaba claro si el amoníaco procedente de cianamida era lo suficientemente puro como para alimentar las plantas de nitrato del Dreibund, y dado que las plantas de cianamida requerían el doble de mano de obra que las de BASF, se decidió expandir la capacidad Haber-Bosch. El Estado Mayor sugirió a BASF la construcción de un complejo sin precedentes en Alemania central, lejos del alcance de los bombarderos. La guerra por el nitrógeno ya tenía vencedor.

## Leuna.

La historia de la construcción de la planta icónica de BASF para la fijación de nitrógeno en Leuna- Merseburg se detalla en Szöllosi-Janze en Lesch (2000), pp. 115 y sigus., Abelshauser (2002), cap. 3, pp. 174 y sigus. y Köhler (1990), cap.6. Resumimos a continuación los hechos y aspectos que nos han resultado más relevantes para la perspectiva de este ensayo.

La única demanda relevante en una economía de guerra proviene del estado; pero en este caso hemos podido contemplar a varios agentes con intereses parcialmente enfrentados. El ministerio de Agricultura nunca perteneció al círculo dominante en la toma de decisiones sobre el nitrógeno; la KRA buscaba asegurar y aumentar la producción de explosivos por encima de todo, y subordinó a ello el resto de objetivos financieros, políticos e industriales. A lo largo de 1915 los hombres de Rathenau fueron aceptando a BASF y sus socios como los únicos productores relevantes de compuestos de nitrógeno, accediendo a sus propuestas sin volver a caer en largas y desesperantes negociaciones. Inducido por Helfferich y sus consideraciones políticas, el Reich había elegido mal, invirtiendo grandes sumas de dinero público en fábricas tecnológicamente inferiores; a partir de 1916 sus esfuerzos se centrarían únicamente en asegurar medidas de protección que protegieran la inversión del gobierno imperial tras la guerra.

El grupo de Ludwigshafen tenía también la posguerra en mente; el interés de copar mayores mercados mediante la construcción de nuevas plantas chocaba con el miedo a que estas ampliaciones pudieran provocar un exceso de producción una vez reanudadas las importaciones. De nuevo Fritz Haber actuó como mediador; en Septiembre de 1915 remitió a BASF el plan de la KRA para una planta capaz de producir 3000 Tm/mes; el proyecto

incluía un préstamo de 30 millones de marcos y el compromiso de compra por diez años. BASF consideró que el plazo de ejecución, siete meses, era imposible de cumplir; a principios de Febrero de 1916 Bosch informó a la KRA de las condiciones de BASF, claramente destinadas a hacerla desistir del proyecto: préstamo libre de intereses para la construcción, pago de gastos de guerra, precios de compra garantizados y rechazo de la propuesta de compartir posibles beneficios tras la guerra. Una vez más intervino Haber por propia iniciativa y consiguió, tras innumerables estratagemas, desbloquear la negociación convenciendo a BASF de que asumiera cierto grado de riesgo financiero y al gobierno de que desistiera de su idea de factoría mixta heredada de Helfferich. También consiguió que la KRA aceptara pagar un subsidio por gastos de guerra como elevados salarios y precios de material.

El contrato se rubricó el 28 de Abril de 1916, mientras el ingente gasto de explosivos en Verdún hacía de significativo telón de fondo. Finalmente BASF recibió 12 millones netos y 64 más en forma de préstamo al 5% de interés, a devolver a partir del 1 de Enero de 1923, para construir una planta con la capacidad de 36.000 Tm anuales de amoníaco puro. En contrapartida por estas condiciones manifiestamente favorables, BASF accedía a negociar precios con otros productores de nitrógeno y a pagar compensaciones al Reich por encima de 0,80 marcos/kilo.<sup>515</sup> La construcción dio comienzo de inmediato en Leuna, al sur de Bitterfeld; el 28 de Abril de 1917, exactamente un año después de la firma, la nueva planta Haber-Bosch entró en la fase de producción. Quizá el lema “Dem Deutschen Volke” (“Al pueblo alemán”, lema que preside la fachada del Reichstag) habría debido decorar también su portada.

---

<sup>515</sup> Haynes (1974), vol.II, p.73.



Planta de Leuna al finalizar la Gran Guerra

Con esta construcción y los subsecuentes contratos para ampliarla (Leuna II en Diciembre de 1917 y Leuna III en Julio de 1918, que le permitió alcanzar las 150.000 Tm anuales) BASF llegó a dominar definitivamente el mercado de nitrógeno. El poder industrial acumulado por la compañía era inmenso; en Noviembre de 1918 dos tercios de la producción nacional de nitrógeno estaban en sus manos. El Tercer Mando Supremo (Dritte Oberste Heeresleitung), que de acuerdo con el plan Hindenburg confiaba plenamente en BASF, reaccionó estableciendo la Kriegsamtsamt (Oficina de Guerra) en Noviembre de 1916; tras la dimisión de Rathenau, esta concentraría toda autoridad sobre la producción de guerra. Julius Bueb fue nombrado comisario del Reich para la Industria del Nitógeno: BASF tenía ahora una única autoridad gubernamental con la que negociar. Sus tareas incluían certificar proyectos, cerrar contratos y orientar a la industria y la agricultura como parte de un estricto control estatal de la producción y distribución de nitrógeno. Durante el último año de guerra Luddendorf se lamentó a menudo de que no

se hubieran llevado a término los planes de Helfferich para una economía mixta en este campo.<sup>516</sup>

Incluso sin la tercera ampliación de Leuna, Alemania se encontraba tras la guerra en una situación industrial completamente diferente a la que tenía en 1914. En tan sólo cuatro años se había desarrollado una industria de nitrógeno partiendo casi desde cero: métodos, fabricantes, volumen de producción, localizaciones, organización, ... todo había cambiado. Nuevos centros industriales habían nacido en Alemania Central gracias a las exigencias militares. Antes ansiosa importadora, la ejecución de todos los contratos de guerra hubiera permitido a Alemania producir 520.000 Tm anuales de nitrógeno, más que Chile en el momento álgido de la guerra. Los señores de la química se contaban ya entre los grandes de Alemania, tanto por su poder económico como por su peso político. Las antaño artesanales fábricas de colorantes habían entrado ya en la era de la Gran Química; contaban con gigantescas plantas, reactores de altas prestaciones y una producción a gran escala que superaba todas las fuentes de nitrógeno anteriores. La cuota de mercado del amoníaco Haber-Bosch pasó del 1% en 1913 al 49% en 1918, alcanzando el 75% a finales de los años veinte.<sup>517</sup> El problema de Mr. Crookes estaba definitivamente resuelto.

La importancia de la química orgánica para la industria alemana también cambió, dando paso a un rango más amplio de productos. El nitrógeno significó para BASF lo que los productos farmacéuticos habían significado para Bayer y Hoechst, o la fotografía para Agfa. La compañía aumentó su presupuesto de 36 a 100 millones de marcos. La suspensión de la competencia extranjera, los subsidios estatales y la depreciación de sus deudas

---

<sup>516</sup> Luddendorf (1920), p. 208.

<sup>517</sup> Szöllosi-Janze en Lesch (2000), p. 120.



por la inflación hicieron posible una inimaginable reducción de costes para el amoniaco sintético.<sup>518</sup>

El estado alemán también aprendió a representar un papel completamente nuevo en las luchas de poder industriales. Durante la guerra, el Reich emergió como actor de la política industrial mediante subsidios, proyectos como el *Reichsstickstoffwerke* o comisiones militares de decisión y control. Sin su participación, el gran salto tecnológico hacia la gran química industrial habría sido imposible. Según Eric Hobsbawm,

“En 1913 las economías capitalistas ya se movían rápidamente hacia la formación de grandes bloques de empresa concentrada, apoyados, protegidos e incluso, hasta cierto punto, guiados por los gobiernos. La propia guerra había acelerado mucho este desplazamiento hacia un capitalismo administrado e incluso planificado por el estado. Cuando Lenin previó la economía socialista planificada del futuro, en la que prácticamente no habían pensado los socialistas antes de 1914, su modelo fue la economía de guerra planificada de Alemania en 1914-1917.”<sup>519</sup>

El desarrollo de las tecnologías con doble uso ayudó a dirigir el momento tecnológico de la industria de posguerra de forma que esta se mantuvo en el centro de los planes para una futura guerra. El primer complejo científico-industrial-militar acababa de nacer. No se volverían a cometer los mismos errores, no se volvería a dar la misma falta de planificación. Ahora se sabía que, en condiciones de guerra total, por cada soldado en el frente se hacían necesarios siete trabajadores en la industria. Ahora se reconocía que “munición” era todo material necesario para conducir la guerra. La movilización general, antes un concepto puramente militar, se había aplicado con éxito a todo el país. La idea de que una guerra es la más

---

<sup>518</sup> Smil (2001), p.85.

<sup>519</sup> Hobsbawm (1990), pp.141-2.

sería realidad en la vida de una nación y de que la guerra total debía determinar la forma del estado, una tesis apoyada por los “generales políticos” Hindenburg y Luddendorf tanto como por los magnates industriales, encontraría su nicho natural en el nacionalsocialismo<sup>520</sup>. La línea que separaba la guerra de la paz había quedado desdibujada de una vez para siempre.

### **Influencia de la industria alemana en el extranjero durante la Gran Guerra.**

“El comienzo de la guerra nos enseñó cuán dependientes éramos de Alemania en química, farmacéutica, electricidad... Nos enseñó cómo los alemanes han anticipado el futuro y preparado científicamente la guerra.”

J.A. Fleming, 1916.

Retomando el tema del apartado dedicado, en el epígrafe 2.3, a la actividad exterior de la industria química alemana antes de la guerra, abordaré brevemente a continuación la influencia y el destino de las empresas químicas alemanas en el extranjero durante el conflicto. De nuevo atenderé a los intereses alemanes en Gran Bretaña y Estados Unidos, al tratarse de los países con más implantación alemana y, además, de países beligerantes, por lo que es de esperar que tanto la situación como la percepción de la química alemana

---

<sup>520</sup> Para mayores detalles acerca de la política interna alemana durante la guerra y los contactos directos entre generales e industriales a través del llamado “Club de Dusseldorf”, consultar Armeson (1964) y Chickering, Förster (2000), caps. 14 (por W.Deist) y 18 (por G.D.Feldman).

en estas naciones cambiara mucho con el inicio de las hostilidades. Tengo en cuenta que existe una gran asimetría entre ambos países en lo que se refiere a la participación en la guerra: desde el inicio (Agosto de 1914) Gran Bretaña, mucho más tarde (Abril de 1917) Estados Unidos. Como se verá, este “retraso” estadounidense tuvo una influencia decisiva en cuanto al tratamiento de los intereses comerciales y las propiedades (muy especialmente las intelectuales, las patentes) de la empresas alemanas.

En cuanto a las fuentes utilizadas, además de llamamientos públicos como el de Flemig (1916), se puede encontrar un análisis de la influencia que el ejemplo de la movilización química alemana tuvo sobre el Reino Unido en el capítulo de Ulrich Marsch incluido en Lesch (2000), pp. 217-42., así como en McLeod (1993) y Smith (2008). Para más detalles acerca de comportamiento de la industria británica durante la guerra se puede consultar Haber (1971), caps. 7 y 8 y (1986), caps. 6 y 7. Referidas al caso norteamericano encuentro Wilkins y Steen en Lesch (2000), pp.285-346 y Wilkins (1989). Análogamente se pueden consultar los capítulos referidos a la gran guerra en Haber (1971, 1986) y en Haynes (1954), vols. II, cap. 16, 24-26 y III, cap.8.

El 9 de Febrero de 1916, el Pr. Fleming pronunciaba las siguientes palabras en su discurso ante la Royal Society:

“Entre los resultados indirectos de esta terrible guerra, esperamos que se haya producido en la mente de los políticos que nos gobiernan una mejor apreciación de la importancia de la investigación científica, incluso en sus formas más abstractas, para la prosperidad y la seguridad del Imperio. Esta guerra esta siendo de los químicos y los ingenieros tanto como de los soldados y los marineros. Por lo tanto, incluso teniendo en cuenta tan sólo la seguridad nacional, debemos dar los pasos necesarios para potenciar la

investigación científica... Hemos llegado a un punto en el que cualquier intento de organizar la investigación debería consistir en crear algo más parecido a un ejército que a una multitud de científicos independientes. Un ejército no es una colección de individuos armados, persiguiendo cada uno sus propias ideas, sino un complejo organismo en el que cada hombre tiene su lugar y su tarea... El comienzo de la guerra nos enseñó cuán dependientes éramos de Alemania en química, farmacéutica, electricidad... nos enseñó como los alemanes han anticipado el futuro y preparado científicamente la guerra... Necesitamos crear y mantener una independencia científica completa, anudar lazos mucho más estrechos entre la industria y la ciencia, pues el descubrimiento científico ya no es una mera cuestión de orgullo nacional, sino que se ha convertido en un instrumento de fuerza y riqueza.”<sup>521</sup>

Ahora que sabemos lo poco preparados que los alemanes estaban para una guerra larga y total, sorprende la referencia de Fleming a la preparación científica. Durante muchos años existió un “mito aliado” acerca de esa preparación<sup>522</sup>, un error de interpretación que sólo se explica por los éxitos alcanzados mediante el “ersatzprogramm” y el armamento químico alemanes. Esa obsesión con la preparación científica e industrial alemana llegó hasta la Segunda Guerra Mundial: En 1941 Waldemar Kaempffert escribía:

“La química sintética permite hoy compensar las carencias de materias primas. Como era de esperar, los alemanes fueron los primeros en operar estos procesos a gran escala *en preparación para* la guerra de 1914... Una preparación de este tipo no llega de la noche a la mañana.”<sup>523</sup>

---

<sup>521</sup> Fleming (1916), pp.692-96 (selección de fragmentos). La traducción es nuestra.

<sup>522</sup> Koistinen (1998), prefacio.

<sup>523</sup> Kaempffert (1941), pp.439-40 La cursiva y la traducción son nuestras.

Todos sus rivales entendían que, independientemente de la escasa preparación militar para la movilización total, la tradición científica alemana, los laboratorios industriales y las instituciones mixtas como el PTR o los institutos KWG habían allanado el camino para una improvisación exitosa que permitió a Alemania sostener el esfuerzo de guerra a partir de 1915.

### *La improvisación británica.*

Mientras Alemania luchaba por adaptar estos programas de investigación a la situación bélica, Gran Bretaña necesitaba, debido al cese de las importaciones, toda clase de intermedios y procesos para tintes, medicamentos, material fotográfico y explosivos. El grado de dependencia de las exportaciones alemanas se hizo sentir ya en otoño de 1914, cuando no sólo productos químicos sino también detonadores, instrumentación óptica, metales no férricos y equipamiento eléctrico dejaron de llegar a los puertos ingleses a causa del bloqueo. La política de importaciones que permitía aprovechar las ventajas comparativas y competitivas de muchos proveedores antes de la guerra se convirtió en una desventaja estratégica durante la misma, justo cuando esos materiales eran más necesarios: La industria doméstica no estaba preparada para producirlos. Superar estas carencias era tarea del ministerio de municiones, organizado a principios de 1915 y dirigido por David Lloyd George. Sólo mediante la importación desde países neutrales, acompañada de enormes subsidios para desarrollar la industria química nacional, consiguió Gran Bretaña asegurar el suministro de suficiente material de guerra. Sin una química orgánica desarrollada, la falta de intermedios como el toluol fue una de las principales causas de la crisis de municiones británica de 1915, aunque el suministro vía marítima de nitratos de Chile se mantuvo

con fluidez a lo largo de la contienda. El ministerio logró superar esta crisis a finales del año ampliando a marchas forzadas la industria existente y concentrándola en la producción de estas materias básicas. La posterior política británica de industria estuvo, en consecuencia, determinada por las amargas experiencias de los dos primeros años de guerra: créditos públicos, aranceles y política científica se reorientaron para asegurar la producción de guerra. Por primera vez en la historia británica, el gobierno decidió invertir grandes sumas en ciencia, tecnología y educación tanto en instituciones públicas como privadas, así como en reforzar el papel de la investigación en las empresas industriales. El ya mencionado DSIR (*Department of Scientific and Industrial Research*) fue la cabeza visible de esta reorganización.<sup>524</sup>

Los británicos tuvieron que analizar detenidamente el enfoque y la dirección de la ciencia en Alemania. En 1911 la fundación de la KWG apenas obtuvo reconocimiento en el Reino Unido. Esto cambió después de que se hiciera público hasta qué punto los institutos KWG habían contribuido al esfuerzo de guerra alemán. En 1916 todas las instancias británicas implicadas reconocían ya que este tipo de institutos eran medios inestimables para aumentar el conocimiento científico que las empresas podían aprovechar en el desarrollo de productos innovadores. Los funcionarios británicos llegaron a la conclusión de que Gran Bretaña corría el riesgo de volver a depender de los bienes tecnológicos alemanes si no se dotaba de instituciones similares y laboratorios de investigación y desarrollo en las propias empresas; por ello, el *Research Association Movement* intentó copiar y en la medida de lo posible, trasladar este modelo al Reino Unido a partir de 1917. Los británicos despertaban de su letargo, comprendiendo gracias a la guerra que había procesos económicos y tecnológicos que estaban cambiando radicalmente.<sup>525</sup>

---

<sup>524</sup> McLeod (1993).

<sup>525</sup> Haber (1971), pp.188 y sigus. y 207-8.

Como veremos con más detalle en el capítulo 8, entre Mayo y Julio de 1919 el ejército británico organizó una gira de inspecciones por las plantas químicas de la Alemania ocupada; el objetivo de esta misión estaba claramente definido: Averiguar cómo las empresas alemanas habían alcanzado semejante grado de desarrollo y traerse a casa la información necesaria para que la industria británica, que ahora se enfrentaba a su limitada capacidad como consecuencia de haber crecido exclusivamente para la guerra, se pusiera al mismo nivel. Como resultado de estas inspecciones se estableció la “British Dyestuffs Ltd.” con financiación pública, y se emprendió un programa para producir nitrógeno Haber-Bosch, considerando las reacciones a alta presión como una tecnología clave. En 1930 podemos encontrar ya grandes empresas químicas que invertían en sus propios programas de desarrollo, subsidios para la investigación en ingeniería de grandes plantas y altas presiones, altas tarifas de importación y cooperación a través de las *Research Associations*. Cuando estalló la Segunda Guerra Mundial el apoyo estatal y las tendencias industriales hacia la ciencia y la tecnología en Gran Bretaña habían cambiado por completo en comparación con los años anteriores a 1914.<sup>526</sup>

*Estados Unidos; inversiones alemanas en tiempos de guerra.*

Cuando la guerra estalló en Europa y el bloqueo británico acabó con el comercio alemán, en Estados Unidos se extendió una sensación de pánico: En poco tiempo no quedarían ni colorantes ni productos farmacéuticos en el país, entre ellos algunos que ya se habían convertido en fundamentales para la práctica de la medicina, como la antipirina o el salvarsán. Hermann Metz, el hombre de Hoechst en América (que había sido elegido senador por Brooklyn

---

<sup>526</sup> Marsch en Lesch (2000), pp. 235 y sigus.

en 1913), obtuvo la aprobación del Departamento de Estado para contratar un carguero con el que continuar las importaciones más necesarias. Metz trabajó duro para garantizar las importaciones alemanas: el submarino mercante “Deutschland” realizó la tarea entre Julio y Noviembre de 1916.<sup>527</sup> Sin embargo, ya a mediados de 1915 quedó claro que tales medidas eran soluciones tan sólo provisionales: la guerra sería larga y las compañías americanas estaban empezando a llenar el vacío existente entre la demanda americana y desaparecida oferta alemana, dando a luz una renovada industria nacional que sería la base de la mayor potencia química en un futuro inmediato.<sup>528</sup> Los inversores alemanes en Estados Unidos estaban atrapados en un dilema: no querían aumentar su producción en suelo americano, pues sus compañías querrían reanudar las exportaciones tras la guerra, pero si las compañías americanas, protegidas por aranceles, se hacían con el mercado estadounidense también perderían su cuota. En Septiembre de 1916, cuando el Congreso aprobó la tarifa de emergencia para proteger la producción doméstica de colorantes y medicamentos, los representantes alemanes en Nueva York se dieron cuenta de que la única forma de retener sus mercados era lanzarse a la producción en suelo estadounidense.<sup>529</sup>

En consecuencia, hasta la entrada de Estados Unidos en la Guerra, las inversiones directas de empresas alemanas crecieron de forma sostenida. Invirtiendo sus beneficios ultramarinos de los últimos años, Hoeschst y Casella ampliaron sus plantas o invirtieron en nuevas. Bayer aumentó su producción de Aspirina en Rensselaer (NJ) y emprendió una intensa y agresiva campaña de publicidad para copar el mercado con su nombre de marca tras la expiración de la patente americana, en Febrero de 1917. En Marzo del mismo año Hoechst empezó a construir una gran planta de

---

<sup>527</sup> Haynes (1954), vol. III, cap.16.

<sup>528</sup> Haynes (1954), vol. II, cap.5 y vol. III, cap.15.

<sup>529</sup> Wilkins en Lesch (2000), pp. 285 y sigus.



Salvarsán y Novocaína, pues el “Deutschland” había desaparecido y varios laboratorios estadounidenses amenazaban con iniciar su propia producción. Pero las firmas locales ganaban posiciones de forma imparable: En 1916 Adolf Kuttroff, hasta entonces agregado de BASF en Norteamérica, se convirtió en consultor de DuPont para asistir a la pujante firma americana en su salto a los colorantes.<sup>530</sup>

Los Estados Unidos entraron en guerra en Abril de 1917; en Octubre el Congreso aprobó el Acta de Comercio con el Enemigo, bajo cuya autoridad se formó la *Alien Property Custodian* (Custodio de la Propiedad Extrajera, APC), una comisión de embargo de propiedades y patentes alemanas. En su acta de cierre del 15 de Febrero de 1919, el director Mitchel Palmer se mostraba convencido de que

“durante los primeros años de guerra el país estaba inundado de químicos alemanes, hijos de alemanes o entrenados en Alemania. Las conexiones entre empresas alemanas y supuestas empresas americanas eran frecuentes y obvias.”<sup>531</sup>

Como veremos en detalle más abajo, la tarea de la APC era arrancar esas raíces y sentar las bases de una americanización de la industria química.

Se puede comprobar así que las asimetrías entre Gran Bretaña y Estados Unidos a la hora de tratar a la química alemana en sus territorios se deben tanto al “retraso” de la entrada estadounidense en la guerra como al nivel previo de la industria y a las tradiciones de investigación en química anteriores a la guerra en cada nación. En Gran Bretaña las importaciones alemanas cesaron abruptamente con el comienzo de la guerra y tanto el gobierno como

---

<sup>530</sup> Wilkins (1989), pp. 373-415.

<sup>531</sup> Informe anual de la APC, 1918-1919, p. 62. Reimpreso por Arno Press Series (1977).

la industria tuvieron que reconocer su escasa preparación y su negligencia a la hora de tomar en cuenta la importancia de la química para la guerra. La situación se salvó gracias al papel de la flota, a un programa intensivo de desarrollo industrial y científico a cargo del gobierno y, no menos importante, a la importación directa de explosivos producidos por DuPont en Estados Unidos. En el reconocimiento de esa negligencia, tanto como en los esfuerzos realizados para compensarla, iba implícito el reconocimiento del ejemplo alemán, de su modelo de investigación industrial y mixta.

Mientras tanto, como país no Beligerante, Estados Unidos se pudo permitir el intentar continuar con las importaciones alemanas en verano de 1914. Cuando este intento fracasó, fue la industria privada la que comenzó a responder paulatinamente a las carencias, bien por iniciativas norteamericanas, bien por decisiones de las empresas alemanas de iniciar la producción en suelo estadounidense. Una vez declarado beligerante, el *lobby* químico intentó sacar provecho de la situación mediante la apropiación de las propiedades alemanas y la conquista del mercado de posguerra. Como se podrá ver en el epígrafe 4.3, estos empeños necesitaron del desarrollo de programas de investigación intensivos por parte de las empresas americanas, así como de la colaboración con instituciones académicas, pero el modelo fue notablemente distinto del británico: En consonancia con sus tradiciones de gobierno poco intervencionista y con la propia mentalidad de la *War Industries Board*, en Estados Unidos el papel del gobierno se limitó a atender las exigencias legislativas de los líderes de la industria en cuanto a las propiedades alemanas, especialmente en lo que se refería a las patentes cruciales para el despegue de una industria química nacional avanzada.

### **3.3 Kaiser Wilhelm Stiftung für Kriegstechnische Wissenschaft (KWKW, Fundación Káiser Guillermo para las Ciencias Técnicas Militares).**

He considerado interesante incluir un breve apartado dedicado a un caso (el armamento convencional) algo alejado del tema principal, dado el papel protagonista que en él desempeñan los químicos que, como se ha visto, tomaron las riendas de la movilización científica alemana. Creo que resultará interesante seguir la pista de las actividades de los protagonistas de la KWG a medida que avanzaba la guerra y la movilización se hacía más profunda. Resulta significativo el hecho de que, mediada la guerra, estos hombres se sintieran lo suficientemente seguros de su lugar en el esquema de movilización como para tomar iniciativas al respecto de un área tradicionalmente reservada a los militares y las industrias metalúrgicas y de armamentos. Este hecho puede interpretarse como un síntoma del poder que los químicos estaban adquiriendo gracias a la guerra. Al mismo tiempo, constituye un claro ejemplo de una de las tesis que persigo a lo largo de esta investigación: La propia iniciativa de los científicos de este periodo histórico a la hora de encontrar aplicaciones militares para sus conocimientos, así como sus esfuerzos para conseguir plasmar esta colaboración en instituciones mixtas que formalicen y hagan permanentes los lazos entre la ciencia, la industria y la guerra.

El único trabajo exclusivamente dedicado a la KWKW que he encontrado es Rasch (1991); lo que sigue es, por lo tanto, fundamentalmente un resumen de los aspectos que nos resultan más interesantes de esta fuente. En McLeod, Johnson (2006), cap.11. el lector interesado podrá encontrar una versión abreviada de la misma. Se puede encontrar información adicional, aunque escasa y muy dispersa, en Mendelsohn et.al. (1988), Geyer (1984) y Burchardt (1968). Para una reflexión general sobre el impacto de la tecnología en la guerra, Showalter en Chickering, Förster (2000), cap. 4.

Ya se ha mencionado que el ejército poseía antes de la guerra algunos departamentos dedicados a la inspección técnica del material (Militärversuchsammt, Inspektion der Technischen Institute der Artillerie, Inspektion des Torpedo- und Minenwesens,...), pero lejos de implementar sus propios programas de investigación, éstas secciones se limitaban al control de calidad. Para abastecerse de nuevas armas el ejército alemán dependía completamente de las capacidades científicas de industrias como Krupp, mientras que ninguna iniciativa comparable a la KRA intentó solucionar la falta de planificación tecnológica durante los primeros meses de guerra. Con el comienzo del programa Hindenburg y la transición hacia una guerra intensiva de materiales comenzaron a trazarse los primeros planes para una aplicación sistemática de la ciencia a los armamentos convencionales. Es en este proceso donde la Fundación Káiser Guillermo para las Ciencias Técnicas Militares jugó un papel fundamental.

Durante el segundo año de guerra, y siguiendo el ejemplo de Fischer o Haber, varios civiles tomaron la iniciativa de contactar con el gobierno para ofrecer su apoyo en la solución de problemas militares. A principios de 1916, y en consonancia con una propuesta británica similar publicada en *Nature*,<sup>532</sup> el director del laboratorio de patentes de Hoechst, Albrecht Schmidt, contactó con Haber para proponer la creación de una fundación destinada a incentivar y premiar investigaciones relacionadas con cuestiones tecnológicas de utilidad general para la guerra. Schmidt pensaba en el Capitán Haber, a cargo de la guerra química, como el mejor candidato para poner sus contactos y su prestigio al servicio de la iniciativa, mientras que él mismo sería susceptible de recibir uno de estos premios como inventor de la niebla artificial que la Armada había utilizado en la batalla de Jutlandia, en Mayo de

---

<sup>532</sup> Nos referimos a la génesis del *Department of Scientific and Industrial Research* (DSIR) británico. Sánchez-Ron (2007), pp. 506 y siguientes.

1916. Haber inició los contactos mediante consulta con los ministros prusianos de Guerra y Cultura, a los que presentó un borrador de los estatutos, así como una lista de criterios para otorgar los méritos de guerra. El ministro de cultura y sucesor de Althoff, Schmidt-Ott, veía esta fundación como la oportunidad de triunfar donde incluso su ilustre antecesor había fracasado: establecer una academia de ciencias técnicas en Berlín que asegurara algunos puestos para ingenieros y científicos técnicos en la Academia de Ciencias. Sin embargo, ante la resistencia de los académicos (en su mayoría mandarines procedentes de las humanidades que ya se habían sentido humillados por la inclusión en la academia de los científicos directores del KWG cinco años antes) Haber y Schmidt-Ott reorientaron su plan hacia una institución permanente que correspondiera a la creciente importancia de la tecnología para la guerra, fomentando la investigación en los desaprovechados centros tecnológicos prusianos. El establecimiento del DSIR en Gran Bretaña, seguido más tarde por *National Research Council* estadounidense, demostraba que todas las naciones industrializadas estaban esforzándose por institucionalizar e intensificar la investigación científica en relación con la guerra, mientras que en Alemania la fuerza de la industria y las formas institucionales previas a la guerra habían propiciado que estos esfuerzos se siguieran canalizando por vías informales.

A la hora de buscar fondos para su nueva criatura, Haber y Schmidt-Ott no podían esperar ya colaboración del Reich o la KWG, plenamente inmersos en el esfuerzo de guerra. Haber se dirigió al banquero e industrial judío Leopold Koppel, que ya había financiado su Instituto Káiser Guillermo para la Química Física siete años antes. Koppel era uno de los empresarios que estaban creciendo con la guerra, y como amigo personal de Haber se mostró dispuesto a colaborar con dos millones de marcos en bonos de guerra. Conversaciones ulteriores a lo largo de Mayo y Junio, en las que también participaron Nernst, Fischer y Valentini (jefe del gabinete civil),

condujeron a un primer borrador de los estatutos. Dada su productiva pero siempre tensa experiencia en la KWG, Haber rechazó el modelo puramente militar, abogando por un sistema de comisiones permanentes en las que científicos y militares tuvieran la misma responsabilidad.

El 4 de Julio de 1916 Koppel presentó la propuesta ante el Ministro de Guerra, Adolf Wild von Hohenborn, quien a su vez informó al Káiser. Tres semanas más tarde Koppel recibía la noticia de que la propuesta esperaba tan sólo la aprobación formal de las agencias implicadas. Esta inusualmente rápida e inesperadamente positiva respuesta del Ministerio de Guerra se puede atribuir a los contactos privilegiados entre Haber y el ministro durante la primavera, así como a las acuciantes batallas de material del frente occidental: Se avecinaba la “segunda movilización” de Hindenburg-Luddendorf.

La completa remodelación del Ministerio de Guerra que tuvo lugar durante el verano de 1916 retrasó un poco el proyecto, pero al contrario de lo que se podía esperar el nuevo OHL apenas exigió cambios en los estatutos, más allá de la implicación de la Armada y la inclusión de un tercer miembro militar en la comisión permanente. Tras la discusión del 26 de Octubre en la Academia de Ciencias de Berlín, los estatutos definitivos se aprobaron con Licencia Imperial el 17 de Diciembre de 1916. El secretario de la Academia, Catedrático de Filología Clásica Hermann Diels, fue elegido director administrativo de la KWKW, que estableció sus oficinas en la misma sede, Unter den Linden 38.

La KWKW constaba de tres comités científicos y tres técnicos. Como de costumbre, los científicos estaban presididos por Emil Fischer (Materias Primas, Combustibles y Munición), Fritz Haber (Química Militar) y Walther Nernst (Física y Electricidad), mientras que los técnicos contaban con Alois Riedler (Mecánica y Transportes), Heinrich Müller-Breslau (Aviación) y Friedrich Wüst (Extracción y Procesado de Metales). Todos ellos eran

profesores en Berlín, lo que provocó las protestas de algunos profesores de otras Technische Hochschule y miembros de la Federación Alemana de Asociaciones Técnicas, que preferían una estructura descentralizada capaz de mediar entre empresas medianas, poco dotadas de instalaciones de investigación propias, e instituciones de enseñanza técnica superior. Este movimiento condujo eventualmente a una organización paralela, que sin embargo no tuvo demasiado éxito y se disolvió espontáneamente en el verano de 1917.

La autonomía que prometían los estatutos nunca se consiguió del todo ya que en la práctica el ministro de guerra, el recién nombrado Hermann von Stein, dirigía las actividades desde su puesto de Presidente del Consejo. A pesar de estas dificultades la KWKW comenzó su labor práctica en la primavera de 1917. Inicialmente el Ejército y la Armada, vía Ministerio de Guerra, transmitían listas de tareas a los comités, pero más tarde las oficinas militares concretas pudieron contactar directamente con los miembros de la sociedad, que a su vez informaban al colega que consideraban más apropiado. De este modelo de funcionamiento, así como de la falta de resultados concretos durante el año y medio de guerra restante, podemos inferir que la KWKW no fue demasiado eficiente. Este período de tiempo resultó, además, ser demasiado corto para la aplicación práctica de algunas innovaciones. Entre los trabajos publicados con el aval de la sociedad destacan “Turbinas de Combustión”, por Stephen Löffler y Alois Riedler, “Extracciones de productos del carbón bituminoso a baja temperatura”, de Franz Fischer y “Giróscopos de Aviación”, por Prandtl y Grammel. La KWKW puede arrogarse también el orgullo de haber servido de base para la fundación del Instituto KWG dedicado a la investigación del acero (Dusseldorf 1917). Su fallo más evidente fue quizá la incapacidad para desarrollar propuestas de tanques o armas antitanque, u otros sistemas de armamento con aplicación directa.

En lo que se refiere a la guerra química, la KWKW no satisfizo al Ministerio de Guerra. El ministerio quería una instalación permanente con laboratorios propios que asegurara la continuidad de la investigación más allá de la guerra para que “nuestra presente superioridad en este tipo de armamento no se pierda en el futuro”<sup>533</sup>. Este deseo se fundaba probablemente en la sugerencia de Haber para fundar un instituto o centro de ciencia aplicada encargado de la investigación básica con posibilidades de aplicación militar tras la guerra. Dado que estos planes no se llegaron a realizar, a partir de 1918 el Instituto KWG de Haber retuvo muchas de sus funciones, y por lo tanto nunca volvió completamente a la investigación básica tras la guerra.

Era expreso deseo de sus fundadores que la KWKW fuera una fundación permanente, que continuara su trabajo tras el armisticio. Pero como era de prever, inmediatamente después de la derrota las actividades de la organización decayeron por completo. Emil Fischer, uno de los hombres más deprimidos por los acontecimientos, apostaba por la disolución definitiva, pero el siempre enérgico Haber seguía interesado en la relación entre ciencia, tecnología y guerra. Mediante una revisión de los estatutos para legalizar la fundación según el Tratado de Versalles (las nuevas bases legales eliminaban el término “militar” del título) y gracias a su continuidad como líder de la ciencia institucional alemana, el químico-físico de Breslau se las ingenió para mantener la KWKW con vida en pleno periodo de Weimar. A pesar de la inseguridad financiera, la “nueva” KWKW consiguió financiar actividades con tanto futuro como las investigaciones aeronáuticas de Theodor von Karman en el Instituto Aerodinámico de la TH de Aquisgrán.

La definitiva disolución de la fundación en 1925 fue un amargo final en la lucha por conseguir status académico para las ciencias técnicas en

---

<sup>533</sup> Ministro de Guerra von Stein, 13 de Febrero de 1917. Max Plack Gesellschaft Archiv I, A 1-1789, p.26a.



Alemania. Hasta 1935 no se volvería a fundar una academia técnica, y no por casualidad ésta sería la “Academia para la Investigación Aeronáutica” de Göring. Sin embargo, a pesar de sus escasos resultados y su posterior declive, la KWKW sentó un importante precedente, sirviendo de modelo incluso para la actual “Asociación de Investigación Alemana” (DFG). A pesar de su corta existencia, la KWKW cambió la relación existente en Alemania entre científicos y militares, consolidándola e institucionalizándola definitivamente. El ejército estaba ya mentalizado para financiar investigación básica en problemas de tecnología militar sin insistir en controlar directamente los proyectos subvencionados, como refleja la creación de una Heereswaffenamt (Agencia de Armamentos del Ejército) secreta durante la república de Weimar.<sup>534</sup>

---

<sup>534</sup> Rasch, M.(1991), p. 119.

#### 4. La movilización de la química en Estados Unidos.

En este capítulo intentaré de describir el esfuerzo de servicio que realizaron los científicos y la química industrial estadounidenses durante la guerra. Por analogía con el caso alemán (KWG), comenzaré atendiendo a la movilización de la ciencia académica, especialmente de la mano de su principal ideólogo, el físico George Ellery Hale. A continuación trataré el fallido programa de armamento químico norteamericano; en el capítulo 5 estaré en condiciones de sacar conclusiones significativas de su comparación con el programa dirigido por Haber en Alemania. Por último atenderé a la expansión de la industria química, en especial a los esfuerzos de DuPont por cubrir la brecha científica y tecnológica que la separaban de sus competidoras alemanas.

Como se irá viendo a lo largo del capítulo, los tres ámbitos están íntimamente relacionados: El *National Research Council* (Consejo Nacional de Investigación) de Hale supuso una base de movilización general, material e ideológica: El *Chemical Warfare Service* (Servicio de Guerra Química) del ejército se configuró a partir de las iniciativas de sus comités para dotar a Estados Unidos de un programa de armamento químico capaz de responder a la situación en el frente. Por su parte, el lobby de la industria química, coaligado a través de la *War Industries Board* (Junta de Industrias de Guerra), encontró en el NRC un aliado ideal para organizar la ciencia académica nacional según sus necesidades e intereses, iniciando un programa de cooperación paralelo a la escalada tecno-científica que la industria necesitaba. Por último, la industria y el CWS fueron aliados naturales en la lucha por hacerse con el control de la propiedad intelectual alemana y por asegurar la continuidad de un cuerpo químico militar. Se puede reconocer aquí, una vez más, el característico complejo de relaciones simbióticas trazado por la guerra:

Ciencia- Industria- Militares- Estado. A pesar de las enormes diferencias en el modelo de sistema académico, económico-empresarial, de ejército y de gobierno que mediaban entre Alemania y Estados Unidos, la guerra y la situación de la tecnología empujaban al establecimiento de un sistema de relaciones análogo entre estos estamentos.

En todo lo que sigue se hace imprescindible tener en cuenta el retraso con el que Estados Unidos entra en la guerra. Hasta Abril de 1917, como no beligerantes, los norteamericanos tuvieron, en teoría, tiempo para aprender de la experiencia de las potencias europeas. Su benevolencia de inicio hacia el bando aliado les permitió expandir su industria y acumular beneficios abasteciendo a los países de la entente. ¿Supieron aprovechar la ciencia y la industria estadounidenses esa oportunidad de prepararse para la guerra? ¿Y para el nuevo mundo que la seguiría? ¿Se demostró suficiente esa preparación a partir de la entrada en la guerra? ¿Cómo cambió el conflicto la mentalidad y la capacidad de la química industrial en Estados Unidos? ¿Hasta qué punto la química alemana fue un modelo intelectual y una fuente material para todos estos procesos? Intentaré responder a estas preguntas en los tres epígrafes siguientes.

#### **4.1 Movilización de la ciencia académica.**

“Nadie podría dar cuenta del papel desempeñado por la ciencia en la guerra sin reflejar también la influencia permanente de la guerra sobre la ciencia.”

G.E. Hale, 1920.<sup>535</sup>

---

<sup>535</sup> Hale en yerkes (1920), p.393.

La historia de la movilización de la ciencia americana para la Primera Guerra Mundial, de la *Naval Consulting Board* (NCB) y el *National Research Council* (NRC), ha sido tratada en detalle por numerosos autores. Se pueden encontrar narraciones interesantes y diferentes perspectivas en Dupree (1986), cap. XVI, Sánchez Ron (2007), p. 519 y sigus., Hughes (1989), p. 115 y sigus., Kevles (1968), Noble (1977), p. 208 y sigus. o Tobey (1971), caps. 2 y 3, además de una biografía de Hale en Wright (1966). Cuento también con una inestimable fuente primaria en Yerkes (1920), libro que reúne múltiples artículos de los propios protagonistas acerca de su trabajo durante la guerra. Destacan, como no, las contribuciones de Georg Ellery Hale (introducción y caps. 1, 2, 22 y 23) que, además de describir de forma general los servicios del *National Research Council* durante la guerra, nos obsequia con sus reflexiones acerca de la relación entre ciencia y guerra y sus opiniones acerca de la organización nacional de la ciencia al servicio de la industria, expresándose con una claridad inaudita. Hale Comienza la intruducción del volumen escribiendo:

“Uno de los más destacados resultados de la guerra es la importancia nacional que ha otorgado a la ciencia y la investigación... Pronto quedó claro que muchos de los problemas de la guerra caían en el dominio de los físicos, los químicos, los meteorólogos, no menos que en el de los militares... La relevancia de tan variadas y productivas actividades va mucho más allá de los asuntos inmediatos de la guerra, llegando hasta los mismos cimientos de la riqueza nacional. Los problemas de la guerra están inextricablemente unidos a los de la paz, y si los métodos científicos y la asistencia de la investigación fueron necesarios para superar la amenaza del enemigo, no serán menos

necesarios durante la agitación de la reconstrucción y las futuras competencias de la paz.”<sup>536</sup>

Cuando los laboratorios industriales ya habían empezado a demostrar su valía en las grandes empresas estadounidenses, el movimiento nacional consciente en pos de la organización de la investigación comenzó también a tomar forma. Según sus proponentes, entre los que destacó por supuesto Hale, la estrecha relación entre las universidades alemanas, los bancos, las industrias y el gobierno del Kaiser demostraba lo que se podía lograr, y suponía un modelo para Estados Unidos.<sup>537</sup> La Primera Guerra Mundial fue la oportunidad perfecta para ganar autoridad presidencial y coordinar de forma efectiva y permanente a la ciencia, los negocios y el estado. Cuando la guerra comenzó en Europa, aún no existía en Estados Unidos ninguna agencia ni organismo capaz de movilizar y coordinar la investigación científica o la capacidad industrial para el esfuerzo de guerra; el ejército no tenía conciencia de las implicaciones de una guerra total, ni de que el apoyo del *establishment* científico- técnico de la nación resultaría imprescindible en caso de entrar en ella. Como se verá a continuación, fueron hombres de la industria y la ciencia, civiles en definitiva, los que tomaron la iniciativa de movilizar esas potencias por y para la guerra, generando unas alianzas que reforzaban su presencia y poder en el panorama nacional y que serían ya muy difíciles de deshacer aunque la situación de emergencia cesara.

Con tal abundancia de estudios sobre el tema, en este apartado me limitaré a exponer de forma breve los acontecimientos fundamentales, que proporcionan un contexto general para las especificidades de la guerra química y la industria química en Estados Unidos, analizándolos desde una perspectiva que contribuya a fundamentar las ideas principales que defiendo en este trabajo.

---

<sup>536</sup> Yerkes (1920), pp.vii-viii.

<sup>537</sup> Hale (1915).

### *Naval Consulting Board*

La creación de la *Naval Consulting Board* (NCB) en Julio de 1915 se puede interpretar como el primer paso de la administración Wilson hacia la movilización de la economía para la Gran Guerra. Con cada vez más personalidades del gobierno abogando por una expansión naval como primera línea defensiva ante los ataques submarinos, el *Navy Department* tenía una mayor legitimidad para buscar asistencia civil en la preparación para una guerra industrializada. Además, como vimos en el apartado correspondiente a la metalurgia, contaba ya con una gran tradición de colaboración tecnológica con civiles, tanto industriales como inventores independientes. Tal es el caso de Elmer Sperry y sus giróscopos estabilizadores para la Navy, que podemos leer en Hughes (1971 y 1989). Según este autor,

“la mayoría de las características que hoy podemos discernir en la interacción entre los militares y sus principales contratistas se pueden encontrar ya en la relación de la empresa de Sperry con la US Navy durante la Primera Guerra Mundial.”<sup>538</sup>

Thomas A. Edison ya había propuesto en varios escritos que los Estados Unidos podrían recurrir a los científicos e ingenieros para perfeccionar su armamento y catalogar las instalaciones industriales anticipándose a las necesidades de la movilización.<sup>539</sup> El secretario de marina, Josephus Daniels, entusiasta admirador de Edison como una gran parte del público norteamericano, decidió entonces organizar la Junta Consultiva Naval para

---

<sup>538</sup> Hughes (1989), p. 137.

<sup>539</sup> Entrevistas a Th. A. Edison en el *New York World*, 30 de Mayo de 1915 y el *New York Times*, 16 de Octubre de 1915, p.4-5.

poner en marcha la consecución de estos objetivos, concebidos de una forma un tanto vaga.

De hecho, Edison y Daniels comprendían la actividad de la Junta como una forma de recortar los gastos en un marco de guerra meramente defensiva. Consistiría en dos representantes de cada una de las once asociaciones científicas e ingenieriles punteras, que se encargarían de evaluar y desarrollar “invenciones” y propuestas de mejora de armamento para la Navy. Entre los miembros iniciales de la Junta se encontraban Willis R. Whitney, director de investigación de General Electric, y Elmer Sperry, quien ya contaba con una gran experiencia de colaboración con la Navy adaptando sus giroestabilizadores a los sistemas de control de fuego. Edison y Daniels dejaron fuera deliberadamente a los representantes de la *American Physical Society* y la *National Academy of Sciences*. La Academia, fundada durante la Guerra Civil para aconsejar al gobierno en temas de ciencia, constaba de miembros elegidos del ámbito universitario. Al parecer, “Edison deseaba que esta Junta estuviera compuesta por hombres prácticos, acostumbrados a hacer cosas y no a hablar sobre ellas.”<sup>540</sup> Así empezó una lucha soterrada entre los inventores independientes que aún copaban el imaginario científico del gran público americano y los científicos académicos, en especial los físicos, sobre qué grupo merecía el honor de considerarse la fuente principal de la innovación tecnológica. Como veremos en el epígrafe siguiente, ofendido por la omisión de los físicos y la Academia en la muy publicitada NCB, George Ellery Hale respondió al reto creando un organismo alternativo, el National Research Council (NRC).

En febrero de 1917, al reanudar Alemania los ataques submarinos indiscriminados<sup>541</sup>, la Navy encargó tanto a la NCB como al NRC el desarrollo de aparatos detectores de submarinos, precipitando no tanto la

---

<sup>540</sup> M.R. Hutchinson, ingeniero, miembro de la NCB. Citado en Hughes (1989), p. 120.

<sup>541</sup> H.H. Herwig en Chickering, Förster (2000), cap. 10

cooperación como la competición entre ambas instituciones.<sup>542</sup> Entre las propuestas de la NCB se encontraba un sistema integrado de boyas transmisoras y cargas de profundidad diseñado por Sperry y listo para ser probado en Junio de 1917; sensacionalmente publicitado por la NCB como el final de la amenaza submarina, el sistema resultó un fracaso que, además, ya había sido desechado anteriormente por los británicos. Whitney estableció entonces una estación de desarrollo de aparatos detectores del sonido (sonar) en Nahant (Massachussets), reuniendo a científicos industriales de General Electric y AT&T entre los que se encontraba Irving Langmuir (Premio Nobel en 1932). Los físicos universitarios fueron excluidos porque el oficial de la Navy al cargo de evaluar el proyecto decidió que su presencia podía complicar las posibles patentes obtenidas.<sup>543</sup> Por su parte, el comité anti-submarino del NRC liderado por el físico Robert Millikan estableció un laboratorio paralelo en New London (Connecticut) con diez de los más prestigiosos físicos del país reclutados de las universidades de Yale, Chicago, Wisconsin, Rice, Cornell y Harvard. El grupo de Whitney en Nahant desarrolló un detector que General Electric se encargaría de fabricar. El de Millikan en New London, desarrolló otro de mayor sensibilidad. En Julio de 1918 la Navy envió cientos de estos detectores al Canal de la Mancha y el Adriático, donde se consiguió destruir un solo submarino gracias ellos. Finalmente fue el sistema de “convoys” y no la detección lo que consiguió amortiguar el impacto de la guerra submarina. Sin embargo, el trabajo realizado por los científicos tanto académicos como industriales en respuesta al difícil problema de la detección en un periodo de tiempo muy corto permitió substanciar el argumento de que la guerra contemporánea requería de sus servicios, no sólo de los inventores o los ingenieros. Más aún, pudieron experimentar la seductora sensación de entrar en los pasillos del

---

<sup>542</sup> Para una narración más extensa y detallada de los esfuerzos científicos aliados en la detección de submarinos se puede consultar Sánchez-Ron (2007), pp. 508 y sigus.

<sup>543</sup> Dupree (1986), p.318.



poder político y militar. Los científicos progresaron en su lucha por lograr reconocimiento y apoyo del público y del gobierno, mientras que los inventores de la NCB parecían estancados.

El programa de evaluación de propuestas de la Junta Naval que el secretario Daniels había publicitado con tanto entusiasmo, resultó ser un fracaso estrepitoso. De las 110.000 “invenciones” recibidas sólo 110 se consideraron dignas de pasar a la fase de desarrollo por los sobrecargados miembros, y sólo una de ellas llegó a producirse antes del final de la guerra.<sup>544</sup> La mayoría de las sugerencias eran antiguas o descabelladas; las “invenciones” de aquellos que no estaban al tanto del frente científico o tecnológico, o de la complejidad de una marina armada contemporánea, no tenían ya ninguna posibilidad de generar sorprendentes avances tecnológicos. Los tiempos habían cambiado: el siglo XX era para los especialistas y los grandes equipos. Al igual que la NCB, Edison perdió prestigio en el intento, desgastándose en la lucha por controlar obsesivamente el diseño de un laboratorio naval propio. La mentalidad de Edison de construir modelos físicos y mejorarlos por ensayo y error no podía parecerles sino anticuada a los directores de GE y AT&T, que contaban ya con cientos de científicos en sus laboratorios industriales. Por su parte, Edison se sentía incómodo e inseguro con la teoría científica y el análisis matemático que los ingenieros de nuevo cuño habían probado ya efectivos para mejorar diseños rebajando los costes en prototipos y tiempo invertido. El laboratorio de investigación naval de Edison nunca se llegó a construir. Las armas antisubmarinas necesitaban de personas educadas en física y matemáticas, no de inventores heroicos. Las corporaciones industriales necesitaban afinar con el menor coste posible sus sistemas tecnológicos cada vez más sofisticados, en los que tanto habían invertido. La mentalidad organizativa favorecía la mejora gradual, no el cambio abrupto. Los independientes nunca recuperaron su estatus como origen de

---

<sup>544</sup> Hughes (1989), p.125.

invenciones y desarrollo. La esperanza de “mejores cosas para una vida mejor”<sup>545</sup> se trasladó hacia los laboratorios industriales en el imaginario de los políticos, los militares y el gran público. La inventiva americana pasaba de ser revolucionaria a ser evolucionaria. La expresión “investigación y desarrollo” empezó a desplazar a “invención” en el lenguaje habitual. La era de los inventores- emprendedores dejaba paso a la de los equipos de ingenieros y científicos especializados trabajando en un marco dirigido y organizado. Ya no bastaba con manipular máquinas y dinamos; había que manipular electrones y moléculas. Ya no bastaba con la habilidad y el arte; eran necesarias la formación científica, la transferencia de conocimiento y la reproducibilidad y estandarización de los resultados.

El logro más significativo de la Naval Consulting Board no vino por lo tanto de la mano de los inventores sino de un subdepartamento independiente denominado *Industrial Preparedness Committee* (Comité de Preparación Industrial, IPC). Ante la evidencia de que ni el Ejército ni la Armada tenían una información adecuada acerca del potencial industrial de la nación, entre Enero y Septiembre de 1916 el comité confió a las cinco mayores asociaciones de ingenieros la realización de un inventario de casi 30.000 plantas industriales para determinar su capacidad de producción en caso de guerra. El trabajo, estimado en unos 250.000 dólares, se hizo de forma voluntaria y con financiación privada bajo la dirección de Walter S. Gifford, jefe de estadística en AT&T.<sup>546</sup> Uno de tantos entusiastas del movimiento pro-preparación para la guerra, Gifford había participado poco antes en el campamento militar organizado por el General Leonard Woods para hombres de negocios y profesionales de la industria. Pero el motor que

---

<sup>545</sup> “Better things for better living through Chemistry”, slogan de DuPont en el periodo de entreguerras.

<sup>546</sup> Koistinen (1997), p. 147.

hizo del IPC un prólogo fundamental de la *War Industries Board* (WIB) fue Howard E. Coffin, entonces vicepresidente de la Hudson Motor Car Company de Detroit.

El ingente trabajo de Coffin al frente del IPC eran tan sólo una continuación de sus desvelos en tiempos de paz. En 1910, como presidente de la Sociedad de Ingenieros del Automóvil, consiguió transformar la industria mediante el acuerdo de estándares para especificaciones y materiales.<sup>547</sup> Como cabeza visible del movimiento taylorista, consideraba a los ingenieros la “intelligentsia industrial” que debía ejercer su liderazgo natural y neutral. Aunque Coffin destacaba, éste era un perfil de pensamiento típico de los hombres del IPC primero, y de la WIB después. Ingenieros ascendidos a hombres de negocios, educados en el MIT o la Ivy League, con buenos contactos en la política, representaban el elitismo ilustrado típico de la denominada “Progressive Era”, que enfatizaba valores como el control social, la eficiencia, la disciplina y el nacionalismo.<sup>548</sup> No resulta sorprendente su admiración por la Alemania del Segundo Reich, ni que la identificaran como el más serio competidor de Estados Unidos a medio plazo.

Racionalizar y estandarizar los procesos productivos, trasladar los valores militares a la industria y viceversa, promover las asociaciones y la integración en la industria,... Eran los objetivos que Coffin tuvo en mente en todas sus actividades. Cuando la guerra estalló en Europa, se implicó de inmediato en los movimientos a favor de la preparación industrial del Estados Unidos para el conflicto:

“La guerra del siglo XX –escribía Coffin- exige que una parte de la sangre del soldado se mezcle con cinco partes del sudor del trabajador

---

<sup>547</sup> Noble (1977), pp.123-25.

<sup>548</sup> Tuchman, (1966), cap. 3

industrial en la nación en armas... Sólo los industriales y los ingenieros están cualificados para dirigir una economía movilizada.”<sup>549</sup>

En consonancia con su trayectoria, Coffin supo aprovechar la oportunidad que suponía la NCB para llevarla más allá del limitado papel que Daniels y Edison habían imaginado. Persuadió a los miembros de la junta para que formaran comités que cubrieran un amplio rango de actividades relacionadas con la movilización industrial y la producción de municiones, financiando personalmente la oficina de Nueva York con 30.000 \$. Se trazaron planes para una expansión de la capacidad productiva nacional financiada por el gobierno, programas para ejecutar “educational orders” (pedidos de prueba y preparación de capacidad productiva) en industrias clave y sistemas de control del trabajo para evitar que trabajadores cualificados esenciales fueran enviados al frente. En resumen: las bases de un esquema de movilización que requeriría de una agencia con autoridad presidencial (futura WIB) para ser implementado.<sup>550</sup>

Gracias a su experiencia en Hudson, Coffin sabía que el éxito del inventario industrial y las medidas pro-preparación requeriría de una gran campaña de publicidad para “instruir” a los industriales, los políticos y la población en general en las “auténticas necesidades de la nación.” Sirviéndose de su extensa red de contactos, Coffin consiguió que United y Associated Press, así como varias prestigiosas revistas y diarios, colaboraran con una intensa campaña de publicidad explícita e implícita a favor de la preparación para la guerra. La campaña del *Industrial Preparedness Committee* fue la más elaborada, sofisticada y efectiva que se había conocido hasta ese momento, dejando muy pequeña a la que W.R. Hearst había orquestado para la Guerra de Cuba. Además, como el IPC trabajaba desde una estructura oficial, podía

---

<sup>549</sup> Intervención de Coffin en el US Congress Committee on Military Affairs, Hearings of the War Department, 65th. Cong., 2<sup>nd</sup> sess., 1917-18, pp. 2253-89.

<sup>550</sup> Noble (1977), pp.209 y sigus.

hablar con más autoridad y atrajo más la atención de diversas asociaciones como las cámaras de comercio. DuPont y el *Chemical Warfare Service* (Servicio de Guerra Química, CWS) del Ejército tomarían buena nota de las técnicas publicitarias del IPC para la campaña de posguerra a favor de los aranceles para los productos químicos y la confiscación de las patentes alemanas, como veremos.

Teniendo en cuenta que DuPont y otras empresas, que suministraban productos a los aliados con la mediación financiera de J.P. Morgan, ya estaban haciendo en sus propias plantas lo que Coffin planeaba para todo el tejido industrial de la nación, la NCB, diseñada por Edison como un mero órgano consultivo en cuestiones de tecnología militar, acabó ganando para la causa de la movilización económica a toda una generación de profesionales: ingenieros, científicos y hombres de negocios. Todos ellos tomaron conciencia de que la guerra contemporánea no se podía sostener sin su participación. En Diciembre de 1916, Coffin escribía a los DuPont:

“La industria privada debe ser apoyada por el gobierno en todas sus líneas de suministro. Debe ser educada, organizada y entrenada para el servicio a la nación. Una relación de negocios más estrecha y mutuamente satisfactoria debe establecerse entre los sectores industriales clave y todos los departamentos gubernamentales... Debemos fundar una sólida estructura industrial, civil y militar, vital para el futuro de esta nación, en la paz y en el comercio tanto como en una posible guerra.”<sup>551</sup>

---

<sup>551</sup> U.S. Congress, Special Committee investigating the munitions industry (Nye Committee), 73<sup>rd</sup> Congress, 1935. Hearings, parte 16, p.4056.

Antes de abordar la creación del NRC conviene introducir una pequeña digresión acerca de la Institución filantrópica Carnegie para entender mejor el ambiente social en que se movía Hale: En 1902 el magnate del acero Andrew Carnegie estableció esta institución en apoyo de la investigación científica dotándola de 10 millones de dólares en bonos de la US Steel (aproximadamente el presupuesto de la Universidad de Harvard). Los fondos se destinaron de tal forma que promovían una determinada organización de la ciencia en Estados Unidos: En 1910 el Instituto Carnegie destinó a diez grandes proyectos seis veces más capital que a pequeñas becas. Como en tantos casos de filantropía aparentemente desinteresada, la obra de Carnegie ayudó a legitimar su imperio del acero. El capital requerido por J.P. Morgan para consolidar US Steel en 1901 equivalía a dos años de presupuesto del gobierno federal. Tal concentración era claramente incompatible con los principios de libre mercado y el gobierno se vio confrontado desde muchos sectores por no haber puesto en marcha la ley anti-trust. Muchos tenían muy presente también la violencia con la que Carnegie había amasado su fortuna, reprimiendo brutalmente las huelgas de sus trabajadores en 1892.<sup>552</sup>

George E. Hale, anterior secretario de la Academia de Ciencias, editor del *Astrophysical Journal*, director del observatorio de Monte Wilson, perteneciente a la Carnegie Institution y egresado del MIT; con la asistencia del senador Elihu Root, secretario de guerra entre 1899 y 1904, secretario de estado entre 1905 y 1909, miembro de la junta directiva de la Carnegie Institution, que al mismo tiempo estaba organizando el Consejo de Defensa Nacional (*Council of National Defense*, CND), supo utilizar la inminente entrada en la guerra para fundar una institución científica nacional con sanción

---

<sup>552</sup> Ver Zinn (1995), p. 270-1.

presidencial que se encargara de movilizar y coordinar a los científicos académicos:

“Una nueva oportunidad para servir a la Nación apareció junto con la amenaza alemana y fue reconocida y aprovechada un año antes de que Estados Unidos entrara en la presente guerra.”<sup>553</sup>

Inmediatamente después del ultimátum enviado por Wilson a Alemania con motivo del hundimiento del ferry *Sussex* a cargo de un submarino alemán en abril de 1916, con la sensación de que la declaración de guerra era inminente, la Academia Nacional de Ciencias apoyó de forma unánime la resolución de Hale para ofrecer sus servicios al gobierno, poniendo en marcha los planes que el propio Hale venía trazando desde el inicio de la guerra en Europa. Cuando Hale fue elegido secretario de relaciones exteriores de la Academia, Root llamó su atención acerca del desaprovechado carácter semi-oficial de ésta como consejera del gobierno en asuntos científicos: La moribunda academia podía ser una herramienta para ganar el apoyo del estado a la organización de la ciencia a escala nacional.<sup>554</sup> Con el fin de atraer el apoyo de los científicos académicos, Hale publicó en 1915 una breve historia de la ciencia en la que describía a las academias nacionales con apoyo gubernamental como la fuerza subyacente a los grandes logros científicos europeos:

“Para conseguir grandes resultados en este campo una academia ha de contar con la cooperación activa de los líderes del gobierno... Lo que hicieron Alejandro Magno y los Ptolomeos por Egipto, la casa de Medici por Italia, Richelieu, Colbert y Napoleón por Francia, puede ser emulado por los hombres de estado hoy día.”<sup>555</sup>

---

<sup>553</sup> Hale en Yerkes (1920), p.12

<sup>554</sup> Kevles (1968).

<sup>555</sup> Hale (1915), p.53-4.

Uno de sus ejemplares preferidos era el papel de los Savants durante el periodo napoleónico:

“Los brillantes resultados de la ciencia tuvieron su origen en las décadas que precedieron a la Revolución y llegaron a su punto culminante con Lavoisier. En los eventos que acabamos de narrar encontramos un paralelismo exacto con la presente guerra, que una vez más ha forzado a los líderes nacionales, ante una situación crítica, a buscar en el último momento la ayuda de la ciencia. Una apreciación más ilustrada del valor de la ciencia para el estado tuvo Napoleón Bonaparte, cuyas relaciones con la Academia de Ciencias de París resultan de especial interés en un tiempo en el que un interés similar por parte de nuestro gobierno, concretado en medidas para el avance nacional de las ciencias, proporcionaría un gran beneficio.”<sup>556</sup>

Una delegación de la Academia mantuvo una reunión con Wilson en la Casa Blanca una semana después del incidente del *Sussex*; en ella, Hale argumentó que la institución puede planificar un “arsenal de ciencia”.<sup>557</sup> Wilson, sin embargo, afrontaba la reelección presentándose ante los americanos como el presidente que había mantenido a Estados Unidos fuera de la guerra, el único que podía mediar un acuerdo de paz entre los aliados y las potencias centrales. Aún no estaba preparado para prestar su autoridad a un movimiento pro-preparación, pues esto hubiera minado su política de neutralidad. Pidió a los académicos que formaran un comité al respecto, pero de forma confidencial y sin autoridad oficial. Hale, sin embargo, no se desmoralizaba con facilidad:

“Realmente creo que esta es la mejor oportunidad que hayamos tenido para hacer avanzar la causa de la investigación en América.”<sup>558</sup>

---

<sup>556</sup> *Ibid.*

<sup>557</sup> Wright (1966), pp.287-8

<sup>558</sup> Kevles (1978), p.112.



En Julio de 1916 la Academia había formado ya, con el sigilo exigido por Wilson, el *National Research Council* (NRC). Hasta principios de 1918 el Consejo se dedicará básicamente a tejer su red según las ideas expresadas por Hale en su libro de 1915. Entre aquellos hombres no pertenecientes a la Academia que aceptaron ser miembros del Consejo se encontraba el inagotable Willis R. Whitney, que actuó de enlace amistoso con la NCB. Además, Hale contaba con representantes de diversas instituciones gubernamentales: El Almirante de la Navy David W. Taylor (con quien Sperry había colaborado estrechamente), el Coronel Geroge O. Squier del cuerpo de comunicaciones del ejército o Samuel W. Stratton, director del *National Bureau of Standards*. El NRC contaba también con el prestigio de ser el departamento de ciencia e investigación del Consejo Nacional de Defensa (CND). Cuerpos del ejército tradicionalmente hostiles a recibir consejos de fuentes no militares prestaban ahora atención a las ideas de científicos académicos e industriales. Las oficinas científicas civiles del gobierno, en especial la de estándares y la de minas (encargada de la homologación de explosivos y el estudio de los gases) tenían habilidades relevantes para la guerra y mucho más desarrolladas que cualquier cuerpo del ejército. El gran problema de estas oficinas a la hora de aprovechar sus recursos para la defensa había sido la carencia de liderazgo e iniciativa por parte de los militares, que no habían sabido encargarles problemas ni planes, dado que no existía un mecanismo administrativo adecuado para movilizar el embrionario sistema de investigación gubernamental. El NRC vino a paliar también esta carencia.<sup>559</sup>

Sin embargo, el Consejo de Hale y Root se enfrentaba al peligro de ser absorbido o marginado por la *Naval Consulting Board* de Edison y Daniels, que gozaba de una posición de fuerza gracias a su sanción oficial y contaba ya con la concurrencia de las principales asociaciones de ingenieros y el apoyo de los

---

<sup>559</sup> Dupree (1986), pp. 313 y sigus.

más destacados directores de investigación industrial. Estaba en disputa la composición y el estilo del futuro organismo científico del estado. Cuando Hale se reúne con el director de la compañía de perforación Ingersoll Rand y miembro de la Junta Naval, William Saunders, éste le deja claro que los científicos pueden formar parte del proyecto siempre que sea de forma subordinada. Hale se enfrenta al peligro de que Edison utilice la guerra para fortalecer la creencia de muchos americanos, incluidos muchos miembros del ejército y el gobierno, de que son los inventores y no los científicos la fuerza que impulsa la tecnología, de que los científicos no son sino unos excéntricos sin mentalidad práctica. Hale y Root tienen claro que la única forma de superar esta situación es conseguir el apoyo público del Presidente.<sup>560</sup>

El primer movimiento de Hale fue persuadir al candidato republicano Charles Evans Hughes para que declarase públicamente su apoyo al NRC en caso de ser elegido. Hale contactó entonces con uno de los asesores más próximos de Wilson, el “Coronel” Edward Mandell House, para avisarle de lo que Hughes tenía planeado hacer. House recomendó inmediatamente al Presidente que apoyara públicamente al NRC. El 24 de Julio la Casa Blanca envió una carta a la Academia (y telegrafió su contenido a Hale personalmente) informando de la aprobación presidencial para el NRC, asegurando la cooperación de todos los organismos gubernamentales y prometiendo mandatos presidenciales para todos los departamentos.<sup>561</sup> Inmediatamente, el NRC se aplicó a la tarea de realizar un censo de investigadores y laboratorios de todo el país, incluyendo los industriales, trabajo coordinado por el director de la *National Bureau of Standards*.

Cuando Estados Unidos declaró la guerra a las potencias centrales en Abril de 1917 el NRC ocupó un edificio de oficinas próximo a la Casa Blanca. Se encargó de movilizar a los científicos de las universidades de todo el país

---

<sup>560</sup> Hughes (1989), cap.3.

<sup>561</sup> Kevles (1978), p.114.

(destaca ya el MIT) para organizar la investigación en detección de submarinos, fabricación de vidrio óptico, control de fuego de artillería, guerra química, meteorología, topografía, señales y comunicaciones, metalurgia, medicina y psicología. Un cuarto de siglo después los hombres encargados del Proyecto Manhattan contarían con este ejemplo previo de coordinación de investigaciones con fines militares en muchos puntos del país. Para una breve exposición de los problemas de relación entre el NRC y el ejército, y el valor que esta experiencia tuvo para la organización de la investigación americana durante la Segunda Guerra Mundial, consultar Dupree (1986), pp. 313-5.

Una vez que el Consejo estuvo firmemente establecido, Hale y Root empezaron a pensar ya en la posguerra, intentando hacer de él un cuerpo permanente, trasladando el énfasis de la investigación militar hacia la industrial. De nuevo se dirigen directamente al Presidente: el 27 de Marzo de 1918, Hale le envió un borrador de orden ejecutiva a través del “Coronel” House. En la carta de presentación el físico argumentaba que

“Los Estados Unidos no serán capaces de competir con Alemania, en la guerra o en la paz, salvo que utilicemos la ciencia al máximo con fines militares o industriales.”<sup>562</sup>

El fantasma alemán había sido, desde el principio de su campaña, utilizado de dos formas complementarias por los patrocinadores del movimiento para la organización de la ciencia: Como ejemplo a seguir en el apoyo a la ciencia a todos los niveles y, precisamente por eso, como enemigo peligroso al que había que combatir con sus propias armas. En 1920 Hale admitía abiertamente que su percepción de la intensa preparación de la ciencia alemana para la guerra había sido el modelo a seguir para sus propuestas:

---

<sup>562</sup> Kevles (1968), p.432.

“Miles de químicos, plenamente imbuidos del espíritu de investigación en las universidades alemanas, apoyados por sus grandes empresas, disfrutando del poderoso apoyo de su gobierno, han construido sobre estos cimientos la gran industria química alemana... El gobierno alemán, dentro de su preparación para la guerra, naturalmente se interesó por el desarrollo de una industria que trajo gran prosperidad comercial y al mismo tiempo proporcionó las fábricas y los equipos necesarios para producir millones de toneladas de explosivos... [Los gobiernos aliados], tomando conciencia de las enormes ventajas que para Alemania supuso la utilización de la ciencia, y en sabia anticipación de las necesidades futuras, pronto dieron pasos para remediar su anterior abandono de la ciencia.”<sup>563</sup>

El borrador de orden ejecutiva presidencial buscaba hábilmente ganar para el NRC el reconocimiento oficial que necesitaba para coordinar el trabajo científico del gobierno tras el final de la guerra sin someterse a la autoridad y control del mismo, es decir, reteniendo la libertad de la Academia para nombrar a los miembros del Consejo. Cuando Wilson tramitó la orden ejecutiva el 11 de Mayo de 1918, Hale declaró: “Ahora tenemos exactamente la conexión que necesitamos con el gobierno, y será culpa nuestra si no hacemos buen uso de ella.” <sup>564</sup> El precio de evitar el control del gobierno era la ausencia de financiación pública, pero esto no preocupaba demasiado a unos hombres tan bien conectados con Carnegie: Al acabar la guerra, Root se aseguraría de que el programa pudiera continuar mediante una donación de 5 millones de dólares de la *Carnegie Institution* y de medio millón de la *Rockefeller Foundation*, además de fondos adicionales por parte de los miembros del Comité del Consejo Industrial del propio NRC y otros grandes hombres de negocios, entre ellos Henry Ford.

---

<sup>563</sup> Hale en Yerkes (1920), pp. viii-ix.

<sup>564</sup> Todo ello citado en Kevles (1968). Ver también Hale en Yerkes (1920), pp. 14-5, donde él mismo cita los documentos originales firmados por Wilson.

Al mismo tiempo, Hale se encargaba de empezar a trazar los planes concretos para organizar la ciencia americana según sus ideas. La base para reorientar la actividad del NRC desde la investigación militar a la industrial se había puesto desde el principio, en los estatutos del organismo, que especificaban su propósito de encargarse tanto de la industria como del ejército, así como de cualquier campo en el que la nación pudiera necesitar del apoyo de sus científicos. De este modo, Hale no encontró ninguna dificultad formal para componer una *Industrial Relations Division* con los principales directores de laboratorios industriales de Estados Unidos, presentada por todo lo alto en el *University Club* de Nueva York el 29 de Mayo de 1918. Para financiarla y asegurar su red de contactos, compuso también un *Industrial Advisory Committee* con muchos de los hombres más poderosos de la banca, el acero, la química, la electricidad y las comunicaciones. En palabras de un informe del consejo, “hombres fuertes con la imaginación necesaria para prever los beneficios que la ciencia puede traerles.”<sup>565</sup>

Podemos ver como maniobrando en los pasillos del poder político Hale, guiado por Root, supo utilizar la guerra para crear una institución nacional que organizara la ciencia académica norteamericana y la dotara de la coordinación, la financiación y los contactos necesarios para embarcarse en grandes proyectos. Por otro lado, con una posición de privilegio dentro del NRC, los grandes industriales americanos disfrutaban de un acceso privilegiado al capital humano de las universidades. Además, a través del *Research Information Service* del NRC, podían monitorizar nuevas oportunidades de utilizar los desarrollos científicos en su beneficio:

“El Servicio de Información puede considerarse el pionero del Consejo. Supervisando el progreso científico en los países más importantes,

---

<sup>565</sup> Citado en Kevles (1968), p. 435.

seleccionando e informando sobre las actividades de mayor relevancia, y diseminando esta información entre los hombres y las instituciones que pueden aprovecharla.”<sup>566</sup>

La percepción del valor del servicio de información era compartida por los encargados de la investigación en las grandes empresas:

“El conocimiento es poder. La información y el conocimiento están tan estrechamente relacionados que se puede decir que la información coordinada y seleccionada sobre el conocimiento es poder al cuadrado”, observó Charles Reese, director de investigación de DuPont.<sup>567</sup>

A través de la División de Relaciones Industriales las grandes empresas podían contar con los contactos necesarios para proponer o financiar proyectos de investigación utilizando el personal y las instalaciones de instituciones académicas, con un mínimo coste para ellos. Con el NRC como instrumento para coordinar la investigación a nivel federal, universitario, de fundaciones privadas y de los propios laboratorios industriales en función de sus intereses, disfrutaban de una posición ventajosa a la hora de controlar y repartirse las innovaciones que determinarían el mercado. Igual de relevante que el control indirecto de buena parte de la actividad investigadora del país era la posibilidad que el NRC les brindaba de orientar la formación de científicos e ingenieros mediante el modelado de los programas de estudios y prácticas en las más importantes instituciones educativas superiores a las que asistían las futuras élites. Ahora la investigación y la formación académica comenzaría a asumir formas determinadas por las necesidades específicas de la industria privada, afectando a los tipos de preguntas que iban a plantearse, a los problemas que iban a investigarse y los que no, a los tipos de soluciones que iban a buscarse y a las conclusiones que iban a extraerse. Citando una vez más al propio G.E. Hale,

---

<sup>566</sup> Hale, citado en Noble (1977), p. 161.

<sup>567</sup> Charles Reese en *Circular Series of the National Research Council* n.33, p. 1.

“Nadie podría dar cuenta del papel desempeñado por la ciencia en la guerra sin reflejar también la influencia permanente de la guerra sobre la ciencia.”<sup>568</sup>

En el NRC las grandes empresas encontraban también un foro en el que mantener encuentros informales con la cúpula militar y política, además de la científica. Las políticas científicas propuestas por el NRC, resultantes en gran medida de tales encuentros, gozaban de la legitimidad de una orden ejecutiva del presidente y podían ser presentadas al congreso en nombre del interés nacional. En un memorando titulado *The origin and purpose of the NRC* (origen y propósito del NRC) aprobado en el comité ejecutivo de Mayo de 1919, Hale exponía sus intenciones de fondo:

“La Academia organizó el NRC con la perspectiva de estimular el crecimiento de la ciencia y su aplicación a la industria, y particularmente con la perspectiva de coordinar a las agencias de investigación para el propósito de propiciar que los Estados Unidos, a pesar de sus bases individualistas y democráticas, puedan dirigir sus energías de forma efectiva hacia una causa común... Cabe decir que tales preparaciones, que exigen mucho tiempo y esfuerzo, deberían haber empezado años antes del estallido de la guerra. Pero como la preparación para la defensa nacional ha sido tan tristemente obviada en sus aspectos científicos como en su más obvia vertiente militar, no ha habido otra alternativa. En Alemania los hombres de ciencia fueron llamados a desarrollar nuevos procesos que proveyeran sustitutos a los suministros cortados por el bloqueo.”<sup>569</sup>

Parece que Hale deseaba que su país se apropiara de aquello que admiraba en el enemigo Alemán: las facilidades que ofrece un gobierno exclusivo de las élites para dirigir los recursos (en este caso científicos) del

---

<sup>568</sup> Hale en Yerkes (1920), pp. 393.

<sup>569</sup> Memorando inédito, citado por Tobey (1971), p.52 como “Millikan Papers, box 41, 21 may 1919”.

país en direcciones claramente determinadas. A cambio de sus servicios los grandes industriales, que habían incrementado exponencialmente su presencia e influencia en Washington a través de la WIB, hicieron hincapié en el interés nacional de que el gobierno apoyara la investigación básica como la base del futuro del progreso industrial y la invulnerabilidad militar. Podemos reconocer en sus argumentos la semilla del modelo lineal de progreso científico-tecnológico que guiará a Vannevar Bush y constituirá la columna vertebral de la política científica en las décadas centrales del siglo XX:

“Ya es universalmente reconocido que los problemas básicos de la ciencia, de cuya solución florecen todos los grandes avances industriales, deben ser atacados con el mismo vigor que las cuestiones prácticas más obvias. Por lo tanto este movimiento, el más significativo y con más alcance en la historia de la ciencia, no reconoce distinción alguna entre los problemas de la ciencia y los de los oficios... La importancia fundamental de la ciencia ha sido hace ya tiempo reconocida por los más hábiles líderes de la industria americana... Un caso notable es el laboratorio de investigación de la compañía DuPont de Nemours, que comenzó con seis químicos en 1902 y empleaba a más de trescientos en 1918, cuando su gasto anual en investigación superó los tres millones de dólares. Aunque el primer objetivo de estos laboratorios es la solución directa de problemas que aparecen en la industria, en ellos también se realiza mucha investigación que hace avanzar las ciencias, y sus directores enfatizan constantemente la importancia de la ciencia fundamental. Como W.R. Whitney ha dicho, <la necesidad no es la madre de la invención. El conocimiento y la experimentación son sus progenitores.>... Los pioneros de la investigación industrial son aquellos que aplican los descubrimientos de los hombres de ciencia que abren y exploran nuevos territorios. Sin el conocimiento derivado de tales exploraciones, pocos progresos podría hacer el investigador centrado en la ventaja industrial inmediata... De hecho, es



imposible distinguir entre la ciencia como necesidad de la defensa nacional y como base del progreso industrial.”<sup>570</sup>

No hay duda de que la perspectiva de Edison y los inventores, la tradicional visión norteamericana del hombre práctico que hace avanzar la tecnología, había pasado a la historia gracias a la guerra. Hale citaba también a menudo unas palabras del senador Root al respecto de la organización de la ciencia a gran escala:

“Los hombres de ciencia han tomado conciencia recientemente de que los principios del éxito en la industria a gran escala también se pueden aplicar a su trabajo... De que el poder efectivo de un gran número de hombres de ciencia se puede incrementar mediante la organización tal y como el poder efectivo de un gran número de trabajadores se puede incrementar mediante la disciplina militar.”<sup>571</sup>

Desde la perspectiva de Root y Hale, que la guerra había contribuido a reforzar, no existía ningún conflicto entre la organización de la ciencia y la libertad del investigador individual. La dirección no limitaba al investigador sino que le proporcionaba medios para proseguir su trabajo con los que, en solitario, habría sido incapaz de contar: la información sobre las investigaciones existentes en ese campo, el estímulo del contacto con otros científicos y, sobre todo, la posibilidad de llevar a término proyectos que requerían de grandes equipos en los que cada uno cumplía una tarea de acuerdo con un plan común, utilizando instrumentos caros y complejos:

“Mientras que en Alemania la organización de la investigación había estado al cargo de un sistema autoritario –argumentaba Root- en América los científicos se han organizado espontáneamente porque reconocen la

---

<sup>570</sup> Hale en Yerkes (1920), pp. x, xi, xiii y 8.

<sup>571</sup> Elihu Root en “The need for organization in scientific research”, *Bulletin of the NRC*, vol.1, no.1, Octubre de 1919, p.7. Citado por Hale, en Yerkes (1920), pp. 394-5 y en “Cooperation in Research”, *Science*, vol.51, no. 1311, 13 de Febrero de 1920, p. 150.

necesidad de hacerlo si la nación quiere abordar la investigación científica pura y aplicada necesaria para liderar el progreso humano y sobrevivir a las futuras luchas militares y comerciales.”<sup>572</sup>

Aunque el armisticio llegó cuando el ejercicio de movilización de la ciencia estaba aún buscando su forma definitiva, con esta experiencia de cooperación a gran escala una generación entera de científicos norteamericanos se acostumbró a trabajar juntos de forma interdisciplinaria en la solución rápida de problemas concretos, precisamente aquella generación que daría forma a las instituciones de la Segunda Guerra Mundial.

Para estrechar los recientes lazos entre la industria, la ciencia, los militares y el gobierno a pesar del final de la guerra, los líderes del NRC emplearon la misma estrategia que veremos utilizar a los líderes de la industria y el *Chemical Warfare Service* (CWS) en la campaña a favor de la confiscación permanente de las patentes alemanas, los altos aranceles para las importaciones de productos químicos y la continuidad de los programas de guerra química. Todos ellos argumentaban que, a pesar del armisticio, a pesar de Versalles, a pesar de la caída de la monarquía y la instauración de una democracia en Alemania, Estados Unidos seguía bajo una amenaza a sus condiciones de existencia como nación de la que sólo una continua movilización de la investigación científica podía protegerle.<sup>573</sup> Así, el nuevo secretario general del NRC James Rowland Angell escribía un año después del final de la Gran Guerra:

“La lección de esta guerra es que necesitamos de una movilización permanente de nuestras habilidades científicas. Éstas tienen que estar disponibles de inmediato en caso de guerra... El desarrollo de la industria, la agricultura, la salud pública, en definitiva, la preservación del marco material

---

<sup>572</sup> Root en “The need for organization in scientific research”, pp.8-9.

<sup>573</sup> Jenkins (2002), cap.13.

de nuestra civilización, dependerá de la cantidad y calidad de nuestra investigación. Esta verdad se hace más aparente si reconocemos el hecho de que cada nación contemporánea se encuentra en relaciones de competencia industrial y comercial con el resto de naciones y por lo tanto, retrasarse respecto a los demás en el desarrollo científico precipitaría una serie de acontecimientos que nos conduciría a la depresión y el desastre.”<sup>574</sup>

#### 4.2 Programa de armamento químico en Estados Unidos.

“El Gobierno de los Estados Unidos y en particular su Departamento de Guerra tienen una deuda de gratitud y aprecio hacia los químicos de este país. No creo que ninguna otra profesión haya contribuido directamente al servicio militar con una proporción tan alta de sus miembros, ni que los resultados de la actividad de ninguna otra profesión fueran tan esenciales para nuestro éxito nacional como aquella de los químicos.”

Newton D. Baker, Secretario de Guerra, 1919.<sup>575</sup>

En este apartado tomaré como principal fuente primaria el informe sobre los trabajos en guerra química y colaboración con el *Chemical Warfare Service* (CWS) de Clarence J. West (miembro del comité de química del NRC), publicado en Yerkes (Ed.) (1920), pp.148-74. También hemos consultado Bancroft (1919), una historia institucional del CWS publicada en la inmediata

---

<sup>574</sup> J.R. Angell, “The development of research in the U.S.”, *Circular Series of the National Research Council*, vol.1, no.6, Noviembre de 1919, pp.1-2. Ver también el artículo de Angell en Yerkes (1920), pp. 417-38.

<sup>575</sup> Baker, N.D., *Chemistry in warfare*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry (JIEC), no. 11 (1919), p.921.

posguerra, y Fries (1921), una apología del responsable militar del CWS. Resulta interesante analizar también Withrow (1916) y Parsons (1918), artículos de *Science* en los que se informa de la labor que los químicos norteamericanos están realizando en la guerra en curso. La oposición al mantenimiento del CWS tras la guerra viene representada por Irwin (1921). Me ha resultado muy útil Schaffer (1978), una recopilación de fuentes que incluye las actas oficiales del Congreso de los Estados Unidos en relación con la Primera Guerra Mundial; especialmente interesantes resultan las referentes a los comités de investigación “Nye” y “Chamberlain”. En cuanto a fuentes secundarias, además del siempre imprescindible Haber (1986), especialmente sus pp. 128, 134, 143 y 167, cuento con la minuciosa tesis doctoral de Jones (1969), el estudio de Brown (1968), cuya primera parte corresponde a la Gran Guerra, y los más recientes Jones (2007), en términos estrictamente técnicos y militares, y Freemantle (2013, 2014), con una narración más lineal y amena.

Median casi dos años entre el primer ataque alemán con gas y la declaración de guerra por parte de Estados Unidos. Durante este largo periodo, el Departamento de Guerra no tomó prácticamente ninguna medida dirigida a la preparación del ejército para la guerra química.<sup>576</sup> En abril de 1917 las tropas estadounidenses no disponían de máscaras ni de agentes químicos, ni recibían entrenamiento de ningún tipo para afrontar o realizar ataques químicos. No existían tampoco planes para desarrollar ni fabricar agentes químicos de guerra, a pesar de que oficiales norteamericanos habían sido enviados meses antes como observadores a Europa. Los informes que estos oficiales remitieron al Departamento de Guerra fueron tenidos en cuenta, pero no se inició ninguna actividad puesto que los encargados del arsenal de Picatinney no disponían de máscaras antigás. Si no hubiera sido

---

<sup>576</sup> West en Yerkes (1920)

por las máscaras proporcionadas a las tropas expedicionarias estadounidenses por parte de británicos y franceses, los nuevos soldados habrían estado tan indefensos como los canadienses en Ypres, cuando los alemanes lanzaron sobre ellos la primera nube de Cloro:

“Estabamos casi tan mal preparados para afrontar estos problemas como lo habían estado los aliados en primavera de 1915.”<sup>577</sup>

Esta falta de preparación no se puede atribuir a la ignorancia de la utilización de agentes químicos en la guerra en curso: Las noticias del frente, que llegaban a Estados Unidos a través de París y Londres, enfatizaban la ilegalidad de los ataques químicos alemanes. En un artículo publicado en *Science* en Junio de 1916, el químico James R. Withrow escribía:

“Es un hecho que la presente guerra constituye una lucha entre el genio químico de las Potencias Centrales y el del resto del mundo... A ello contribuye la posición estratégica de las Potencias Centrales, su capaz sistema de educación y entrenamiento, su sistema de gobierno que, debemos admitir, les permite una mayor concentración en sus objetivos,... La preparación para la guerra es meramente una manifestación de estas ventajas”.<sup>578</sup>

Más tarde, cuando los aliados iniciaron sus propios ataques, la utilización de agentes químicos fue considerada por los principales medios de comunicación estadounidenses como una respuesta lamentable pero justificada y proporcional, y el público aceptó el gas como parte inevitable de la guerra total<sup>579</sup>. Inicialmente la impresión no era mucho más negativa que la provocada por otros instrumentos más tradicionales como el empleo masivo de la artillería o la ametralladora. Fue en la inmediata posguerra cuando, como veremos, debido a una intensa campaña propagandística por parte del lobby

---

<sup>577</sup> *Ibid.*, p.149.

<sup>578</sup> Withrow (1916), pp.840 y sigus.

<sup>579</sup> Brown (1968), cap.1.

químico y el *Chemical Warfare Service*, el público se forjó una imagen especialmente temible de la guerra química. Así pues, la causa principal de la falta de preparación para la guerra química del ejército estadounidense no fue otra que la actitud de los militares hacia los agentes químicos. Este desinterés no era del todo injustificado, puesto que para principios de 1917 la efectividad de los ataques químicos había disminuido mucho debido a los costes de su preparación, la pérdida del elemento sorpresa y la creciente efectividad de los respiradores. Ni siquiera los obuses con carga química eran considerados ya muy efectivos. Sólo en Julio de 1917, después de la introducción del gas mostaza por parte de los alemanes y de los proyectores “Livins” por los británicos, empezó el Departamento de Guerra estadounidense a considerar en serio la necesidad de prepararse para la guerra química.<sup>580</sup>

La investigación comenzó de manos de un organismo civil del gobierno que había sido creado en paralelo al *National Bureau of Standards*: El *Bureau of Mines*. Desde 1910 la Agencia de Minas mantenía una plantilla permanente de científicos e ingenieros dedicada a la investigación de los gases asfixiantes y venenosos encontrados en las minas, desarrollando respiradores y probando tratamientos médicos para las intoxicaciones. En Febrero de 1917 el director de la Agencia, Van H. Manning, ofreció por propia iniciativa al comité militar del *National Research Council* los servicios del *Bureau of Mines* (NBM) de cara a la preparación para la guerra química, recalando que su laboratorio de Pittsburgh tenía experiencia, material y personal capacitado para desarrollar máscaras antigás<sup>581</sup>. El NRC tardó casi dos meses en contestar al ofrecimiento, pero mientras tanto el NBM, a pesar de ser un organismo civil, tomó la iniciativa trazando planes para el desarrollo de

---

<sup>580</sup> Jones (2007).

<sup>581</sup> Manning, V.H., *War gas investigations*, Bulletin of the U.S. Bureau of Mines, no. 178-A (1919), p.2.

máscaras efectivas contra gases de guerra. Anticipándose a la declaración de guerra, el 3 de Abril de 1917 el Comité Militar del NRC aceptó el ofrecimiento del NBM y creó un subcomité de gases venenosos compuesto por oficiales del ejército y miembros del comité de química, con Manning como director. Este grupo sería el núcleo del que evolucionaría más tarde la división de investigación del Servicio de Guerra Química (*Chemical Warfare Service*, CWS) del Ejército. Gracias a la autorización presidencial para el NRC, el *Bureau of Mines* podía recibir ahora autoridad oficial para conducir la investigación para los militares.<sup>582</sup>

Los técnicos de Pittsburgh se dieron cuenta en seguida de la cantidad de problemas nuevos que debían afrontar, los mismos que habían encontrado franceses y británicos dos años antes, por lo que el primer paso fue reunir todos los informes que los aliados pudieran proporcionar. George A. Burrell, químico al cargo del laboratorio de gases en minería y consultor habitual de varias industrias químicas, se encargó de coordinar el trabajo. El primero de mayo de 1917 el Departamento de Guerra del Gobierno de los Estados Unidos solicitó oficialmente al NBM la preparación de 25.000 máscaras antigás, que debían estar listas para la fuerza expedicionaria en Julio. El personal de la Agencia de Minas decidió copiar el diseño británico y ensamblarlas en una factoría de enlatado de Nueva York, consiguiendo así cumplir con los plazos establecidos.<sup>583</sup> Lamentablemente, cuando se probaron en Europa demostraron ofrecer una protección muy baja contra la Cloropricrina, por lo que sólo pudieron utilizarse para entrenamiento de tropas. El ejército no tardó en aprovechar esta decepción para tomar el control de la fabricación de máscaras, que pasó a ser responsabilidad de sus servicios médicos, aunque la investigación en materiales filtrantes y carbón

---

<sup>582</sup> Bancroft (1919).

<sup>583</sup> West en Yerkes (1920).

siguió en manos del NBM, pues ningún organismo del ejército disponía de laboratorios debidamente equipados para ello.<sup>584</sup>

Para entonces el trabajo en otros aspectos de la guerra química estaba ya en marcha de forma dispersa entre diversos departamentos del ejército: Los obuses a cargo del Departamento de Artillería, las alarmas del Cuerpo de Señales y las tropas especializadas a cargo del Cuerpo de Ingenieros. Los agentes químicos ofensivos se ponían también a cargo del *Bureau of Mines*, que en Julio contaba ya con cincuenta investigadores dedicados a ello gracias a la transferencia de 125.000\$ por parte del Departamento de Guerra. Hasta entonces, todo el presupuesto necesario había salido de los fondos de la propia agencia civil<sup>585</sup>. Pero el NBM necesitaba mucho más personal y medios si quería iniciar de forma efectiva la fabricación de gases ya utilizados por los aliados o albergar esperanzas de descubrir nuevos agentes tóxicos. La primera tarea de Manning fue pues, necesariamente, reclutar la ayuda de químicos y laboratorios a lo largo y ancho de todo el país. Así, la movilización de químicos universitarios para la guerra se consiguió gracias a la cooperación del NRC y la *American Chemical Society* (ACS).

Algunos químicos habían empezado el trabajo de coordinación por iniciativa propia meses antes de la declaración de guerra estadounidense. En otoño de 1916 Charles L. Parsons, químico jefe del NBM y secretario ejecutivo de la ACS, visitó varias plantas de fabricación de municiones y agentes químicos en Gran Bretaña, tomando conciencia de inmediato de la necesidad de movilizar a los químicos norteamericanos en caso de entrada en guerra. Tras su vuelta a Estados Unidos, Parsons y Manning iniciaron las gestiones para realizar un censo de químicos estadounidenses bajo la autoridad del NRC y con la colaboración de la ACS, mediante tarjetas de registro orientadas a dirimir la utilidad de cada licenciado para la investigación

---

<sup>584</sup> Jones (1969), pp. 92 y sigus.

<sup>585</sup> Jones (1969), p. 97.



en problemas militares. En Julio de 1917 el NBM disponía ya de más de 15.000 registros ordenados por especialidades y experiencia. Prácticamente todos los químicos que sirvieron en el Departamento de Artillería o trabajaron para el NBM en problemas relacionados con la guerra lo hicieron a través de este censo civil. Como hemos visto, en aquel momento no existía en Estados Unidos ninguna forma legal establecida para trasvasar directamente fondos militares a manos civiles; las alternativas eran crear nuevas agencias militares o simplemente otorgar comisiones de servicios militares a trabajadores civiles, habitualmente aprovechando sus iniciativas.<sup>586</sup>

Quizá el mejor servicio que rindió el censo de Parsons y Manning fue la posibilidad de seleccionar a los químicos alistados en el Ejército para cuerpos en los que sus habilidades pudieran ser plenamente aprovechadas, así como la exención de servicio para químicos cuyo trabajo se consideraba imprescindible en puestos académicos o industriales; una selección que Francia o Gran Bretaña tuvieron que hacer muy tarde y de forma improvisada, sacando a muchos de sus científicos de las trincheras. Según estadísticas del propio Ejército al finalizar la guerra, de los 5404 químicos alistados, 4003 ocupaban puestos relacionados con su formación, 3841 de los cuales no salieron de territorio estadounidense; una eficiencia sólo superada por los alemanes a la hora de aprovechar el potencial de sus científicos<sup>587</sup>.

Warren K. Lewis, profesor de ingeniería química en el MIT y uno de los primeros organizadores de la investigación en guerra química en el laboratorio del NBM, declaró que el principal obstáculo fue la ausencia de planificación previa del trabajo y los objetivos<sup>588</sup>. El NRC había dejado claro a Manning que el reclutamiento de químicos debía interferir lo menos posible

---

<sup>586</sup> West en Yerkes (1920), pp. 149-50.

<sup>587</sup> *Report of the Committee on War Service for Chemists*, JIEC no.11 (1919), p.415.

<sup>588</sup> W.K. Lewis, *Protective work in the Research Division, CWS*, Chemical Warfare 18-2 (1932). p. 1118.

con la industria, por lo que la Agencia de Minas se dirigió desde el principio a los químicos universitarios mediante el Comité de Química del NRC y con la asistencia de la *American Chemical Society*. El comité se encargó de cribar y organizar los ofrecimientos de trabajo e instalaciones que profesores o departamentos de todo el país remitieron de inmediato. Aún en Abril de 1917, muchas universidades organizaron grupos de trabajo para cooperar con el NBM a través del NRC en problemas relacionados con la Guerra Química. A falta de fondos gubernamentales o militares, el comité de química del NRC pudo llevar a cabo su trabajo en gran parte gracias a que sus miembros seguían a sueldo de sus respectivas universidades, a pesar de que gozaban de excedencias hasta el final de la guerra.<sup>589</sup> Este procedimiento se hizo habitual no sólo para los científicos que trabajaban directa o indirectamente para el ejército, sino también para los hombres de negocios que formaron parte de las agencias de movilización gubernamentales a través de la *War Industries Board*, hombres que seguían cobrando de sus respectivas empresas pero trabajaban para la movilización general por “un dólar al año”.<sup>590</sup>

Con este espíritu el Comité de Química del NRC consiguió formar casi treinta subcomités, el más relevante de los cuales fue el de gases venenosos a cargo de Manning, responsable de coordinar la investigación de los químicos estadounidenses en gases de guerra. Warren K. Lewis se encargó de visitar numerosas universidades para recabar el máximo apoyo posible. A finales de mayo el NRC autorizó al NBM a aceptar la ayuda ofrecida por veintiuna universidades, tres empresas privadas y tres agencias civiles del gobierno, destacando especialmente la entusiasta colaboración del departamento de química de la universidad Johns Hopkins (en el momento del armisticio había 34 militares destinados en los laboratorios de esta universidad privada), el MIT, las universidades de Harvard, Princeton, Yale,

---

<sup>589</sup> Jones (1969), p. 104 y sigus.

<sup>590</sup> Koistinen (1997), cap. 8 y 9

Columbia y el instituto Carnegie Tech. El mayor de los nuevos laboratorios instalados con motivo de la guerra fue el de la Universidad Católica de Washington D.C., con 75 investigadores completamente dedicados a desarrollar lo que pretendía ser un nuevo gas de guerra para la gran ofensiva de 1919, la Lewisita. Este desarrollo se llevó a cabo en estrecha cooperación con la división de investigación del *Chemical Warfare Service* del Ejército, que se conformó por fin en Septiembre de 1917, instalándose en la American University también de Washington.<sup>591</sup>

Y es que a los pocos meses quedó claro para los líderes del programa de investigación que la coordinación de una red tan dispersa de laboratorios, dedicados sólo parcialmente al trabajo en gases de guerra, era complicada e inefectiva. La situación en el verano de 1917 era de confusión, trabajos inútiles y duplicación de esfuerzos. Frente a la fuerte centralización del programa alemán bajo la dirección de Haber y con la coordinación previa de la KWG, el programa estadounidense, disperso y víctima de miles de pequeños voluntarismos, no contaba con las ventajas derivadas de unos equipos bien dirigidos y orientados a la consecución de objetivos concretos, ni con las sinergias que produce el trabajo conjunto y diario de grupos de científicos en distintas áreas del mismo proyecto. A finales de mayo de 1917 los responsables del *Bureau of Mines* habían discutido ya la posibilidad de establecer un laboratorio central en Washington, en el campus de la American University<sup>592</sup>, que permitiera escalar el proyecto con la colaboración directa de Ejército. Situada a las afueras de Washington D.C., la American University era aún una universidad joven (24 años de existencia), con mucho terreno libre en su campus. El presidente de la junta, B.F. Leighton, en una carta del 30 de Abril de 1917 dirigida al Presidente Wilson, ofrecía los terrenos e instalaciones de la Universidad para cualquier necesidad relacionada con la

---

<sup>591</sup> Jones (1969), pp.115 y sigus.

<sup>592</sup> Jones (1969), p. 119.

guerra. La idea fue apoyada por el comité central del NRC y remitida al Departamento de Guerra para la consideración de los secretarios de guerra, marina e interior<sup>593</sup>, que en Junio decidieron destinar 50.000\$ de la Navy y 125.000\$ del Ejército de tierra para la construcción del laboratorio, confiado al *Bureau of Mines*. A lo largo del año siguiente el presupuesto destinado por el ejército a la investigación en gases de guerra crecería hasta los 2.212.000\$.<sup>594</sup>

La American University cedió un edificio completo al NBM para la instalación de sus oficinas y laboratorios, y se construyó rápidamente un edificio adicional para albergar el laboratorio central. A finales de Septiembre llegaron los químicos del NBM desde Pittsburgh, a los que se sumaron algunos científicos de diversas universidades que estaban trabajando activamente para el programa en sus facultades de origen. A medida que el Ejército transmitía sus requerimientos y expandía los planes estratégicos para el *Chemical Warfare Service*, quedó claro que sería necesario mucho más trabajo y espacio de los planeados inicialmente: A mediados de Octubre de 1917 el NBM ocupó todos los edificios restantes de la Universidad e inició la construcción de dieciocho adicionales, convirtiendo de facto a la American University en el centro de investigación en guerra química de los Estados Unidos. Al finalizar la guerra, apenas un año después, el equipo de investigación ocupaba sesenta edificios en el campus que, de acuerdo con los contratos firmados en Junio de 1917, pasaron a ser propiedad de la Universidad. Uno de los primeros grupos de investigación organizados en el campus de la American University fue una división de química orgánica a cargo del profesor de Harvard James B. Conant. La experiencia resultaría muy instructiva para Conant, quien llegaría a ser presidente de Harvard durante la Segunda Guerra Mundial y al que estrechos lazos de amistad unían con

---

<sup>593</sup> Manning, V.H., *War gas investigations*, Bulletin of the U.S. Bureau of Mines, no. 178-A (1919), pp. 6-7.

<sup>594</sup> *Ibid.*, p.8.

Vannevar Bush y el personal del MIT. El programa de guerra química estadounidense durante la primera guerra mundial constituyó sin duda un semillero y una experiencia fundamental para los grandes programas de investigación de la guerra siguiente.<sup>595</sup>

La mayoría de los investigadores en el nuevo gran campus eran civiles, aunque también había representantes de varios cuerpos militares como el médico, la artillería o el de señales (comunicaciones). El Departamento de Guerra se encargó de conseguir excedencias para todos los químicos civiles cuya presencia resultara necesaria en Washington y comenzó a considerar la militarización de todo el personal, dado que los fondos provenían ya casi por entero del presupuesto militar.<sup>596</sup> En un ejemplo embrionario de las luchas por el control de la investigación en los complejos militares- industriales de la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría, los oficiales del Ejército pensaban que el trabajo estaría mejor coordinado bajo la dirección y control militar, mientras que Manning y su junta civil sostenían que no se ganaría nada con una transferencia de la autoridad del NRC al Ejército. Los civiles tenían a su favor el hecho de que el trabajo de investigación en gases ya existentes había conseguido ir por delante de la fabricación de obuses por parte del Departamento de Artillería, excediendo con creces el suministro de agentes tóxicos al de proyectiles capaces de albergarlos, en el contexto de caos de la movilización general a cargo del Ejército a finales de 1917<sup>597</sup>. Las juntas centrales del NRC y la ACS apoyaron sin reservas a la dirección civil del *Bureau of Mines*, como se puede comprobar en esta editorial de la publicación de la Sociedad de Químicos:

---

<sup>595</sup> Jones (1969), pp. 115 y sigus.

<sup>596</sup> Bancroft (1919), p.39.

<sup>597</sup> Manning, V.H., *War gas investigations*, Bulletin of the U.S. Bureau of Mines, no. 178-A (1919), p.8.

“... Creemos que el espíritu del *Bureau of Mines* es, por su propia naturaleza, más adecuado para conducir la investigación que el del Departamento de Guerra, una división estrictamente militar del Gobierno. Tememos el efecto paralizante del secretismo [red tape] de los métodos militares sobre la originalidad, audacia y dinamismo de los científicos, esenciales para la consecución exitosa de la investigación.”<sup>598</sup>

Sin embargo, como sucedería también más de veinte años después con los proyectos de la Segunda Guerra Mundial, el control del programa de investigación que se desarrollaba en la American University se acabó transfiriendo a manos de los militares en Junio de 1918 por orden directa del Presidente Wilson. Con esta orden el equipo de investigación, que ascendía ya a 1.682 personas (324 químicos), se convirtió en la División de Investigación del recién creado Servicio de Guerra Química (*Chemical Warfare Service*, CWS) del Ejército. Su organización en divisiones y secciones se parecía bastante a la del instituto de Haber en Alemania. Al finalizar la guerra en Noviembre, la División contaba con más de 1.900 integrantes, casi los mismos que su homólogo alemán, y constituía con diferencia la mayor organización de investigación puesta nunca en marcha en los Estados Unidos.<sup>599</sup>

La organización del CWS como un cuerpo independiente del Ejército, en el que todos los aspectos de la guerra química se sometían a una dirección común, implicaba que un mayor número de químicos debían ponerse el uniforme militar, lo que animó a William L. Siebert, jefe del Servicio, a encargar un nuevo censo de los químicos del país en Septiembre de 1918. Casi 16.000 de ellos se registraron voluntariamente para su posible colaboración en asuntos militares y fueron clasificados según sus

---

<sup>598</sup> *By order of the President*, Editorial, Journal of Industrial and Engineering Chemistry (JIEC), no.10 (1918), p.590.

<sup>599</sup> Haber (1986), p.107 y 128.

competencias en cuarenta categorías distintas.<sup>600</sup> De este modo, muchos más químicos pudieron haber sido reclutados para tareas relacionadas con la guerra, y aunque el armisticio llegó antes de que el valor de este censo pudiera ser explotado, ahora estaba claro que los químicos constituían una especie de reserva estratégica de la nación en caso de guerra.

El personal militar del CWS en Noviembre de 1918 ascendía a 20.518 hombres, de los cuales 1.680 eran oficiales, el 28% de ellos miembros de la *American Chemical Society*. Treinta laboratorios universitarios continuaron con su trabajo en asistencia del complejo central de Washington, implicando a un número indeterminado pero grande de estudiantes y profesores en Johns Hopkins, Princeton, Yale, Harvard, Winsconsin y el MIT<sup>601</sup>. Además de la transferencia del control del proyecto a manos militares, no cabe duda de que la creación del CWS supuso también una nueva dimensión en presupuesto, autoridad y coordinación para el programa de guerra química norteamericano, una experiencia que quedaría grabada en la mente de los participantes tanto militares como civiles, que ahora comprendían las posibilidades de la cooperación entre esos dos mundos. Como escribía Charles H. Herty poco después del final de la Guerra:

“El mayor activo para la paz que hemos ganado con la reciente guerra es la demostración realizada en la Estación Experimental de la American University del tremendo y rápido progreso que se puede realizar en investigación cuando diferentes tipos de hombres y preparaciones se juntan bajo un mismo techo y en estrecho contacto diario, todos enfocando sus mentes en problemas interconectados.”<sup>602</sup>

---

<sup>600</sup> F.E. Breithut, *The personnel section, CWS, USA*, JIEC, no.11 (1919), p.518.

<sup>601</sup> Jones (1969), p. 125.

<sup>602</sup> Ch. H. Herty, *The Reserves of the Chemical Warfare Service*, NRC Reprint and Circular Series, no. 16, 1921, p.17. Government Printing Office, Washington D.C.

La sección de gases ofensivos de la División de Investigación del CWS resulta especialmente interesante como clave de bóveda para la coordinación de muchas otras secciones en la selección y prueba de nuevos gases destinados a la gran ofensiva química prevista por el Ejército estadounidense para 1919.<sup>603</sup> Durante sus primeros meses operativos la sección dedicó sus esfuerzos a seleccionar, entre los gases en uso por los aliados, aquellos que podrían ser rápidamente producidos a gran escala en Estados Unidos para su envío a Europa junto con el ejército expedicionario. Se seleccionaron el fosgeno, la cloropiricina y el ácido cianhídrico, desarrollando modelos de producción a escala de laboratorio y proyectos de escalado industrial con la intención de que su fabricación corriera a cargo de alguna gran compañía química. Sin embargo, al contrario que en Alemania, la industria norteamericana no estaba física ni mentalmente preparada para esta tarea: Varias compañías argumentaron que los riesgos para su personal eran excesivos y que las instalaciones no tendrían ningún valor una vez terminada la guerra. Las pocas firmas que, como DuPont, contaban con el personal y el equipamiento necesarios para la fabricación de gases venenosos estaban ya sobrecargadas de trabajo y proyectos de diversificación mucho más rentables, por no hablar de las dificultades de transporte en trenes y barcos especiales, en un momento (finales de 1917) en el que el sistema de transportes estadounidense se encontraba al borde del colapso.<sup>604</sup> El Departamento de Guerra se vio obligado, por lo tanto, a firmar contratos con empresas de segundo y tercer rango. A pesar de todo, la producción de cloropiricina comenzó en Diciembre de 1917 en la planta de la *Synthetic Color Company* de Connecticut, mediante un proceso desarrollado por químicos del *Bureau of Mines*. En primavera de 1918 el Ejército tomó el control de las operaciones de la planta y consiguió enviar 1.351Tm de producto a Europa antes del final de

---

<sup>603</sup> Su trabajo es descrito con detalle por West en Yerkes (1920), pp. 152 y sigus. y Jones (1969), cap. IV.

<sup>604</sup> Jones (1969), p.130.



la Guerra. Los pequeños proyectos de producción de fosgeno y xililbromida por parte de *Oldbury Electro Chemical Co.* y *Dow Chemical Co.* respectivamente, no consiguieron producir la cantidad suficiente de material como para ser enviado a Europa antes del armisticio. Estas dificultades convencieron al Departamento de Guerra de la necesidad de construir una planta química propia para la producción masiva de gases tóxicos. Los trabajos para las plantas militares de fosgeno y cloropricrina comenzaron a finales de Enero de 1918 en el Arsenal de Edgewood, donde ya funcionaba una pequeña planta de llenado de obuses químicos. La planta de cloropricrina comenzó a operar el 14 de Junio y para el 11 de Noviembre había producido 1.160Tm de sustancia; la de fosgeno empezó el 5 de Julio y producía 20Tm diarias cuando llegó el armisticio.<sup>605</sup>

Los miembros de la sección de investigación en gases ofensivos participaron activamente en el desarrollo de estas plantas, pero sus planes de futuro se centraban en los nuevos gases empleados por los alemanes, como el mostaza, del que tuvieron noticia a través de la Primera Conferencia Inter-Aliada de Guerra Química celebrada en París entre el 17 y el 19 de Septiembre de 1917, así como a través del laboratorio del CWS en París, que se encargaba de analizar obuses alemanes.<sup>606</sup> Como ya se ha comentado, la introducción del gas mostaza por parte de los alemanes en Julio de 1917 produjo un abrupto cambio en la actitud de los militares estadounidenses hacia la guerra química. La enorme efectividad de este gas, que disparó el número de bajas en verano de 1917, convenció a los comandantes aliados de la necesidad de dirigir todos los esfuerzos posibles a la reproducción de la sustancia, tal y como se había hecho con los anteriores tóxicos empleados por los alemanes. Sin embargo, pasaron once meses antes de que los británicos estuvieran en disposición de realizar un ataque con “mostaza” debido a la

---

<sup>605</sup> *Ibid.*, p.133.

<sup>606</sup> *Ibid.*

falta de preparación de sus instalaciones industriales.<sup>607</sup> En Estados Unidos el problema del gas mostaza fue asignado a un equipo dirigido por James B. Conant, que necesitó de varios meses para idear un proceso de producción a gran escala en colaboración con la División de Desarrollo en la American University. Los proyectos de fabricación fueron, sobre el papel, mucho mayores que los de sus homólogos europeos: *National Aniline Chemical Co.* y *Zissner & Co.* recibieron encargos del Gobierno para construir plantas de gas mostaza con una capacidad de 16.000Tm al año. Ninguna de las dos consiguió estar operativa antes del armisticio. El 18 de Mayo de 1918 comenzó la construcción de la planta de gas mostaza del Ejército en el arsenal de Edgewood, que pudo operar en Agosto. Tras varios accidentes, la planta tuvo que detenerse a finales de mes; consiguió reanudar su actividad a finales de Septiembre y para el armisticio del 11 de Noviembre ya producía 30Tm diarias. Teniendo en cuenta los precedentes y los fracasos en el ámbito privado, Edgewood constituyó un logro notable de la tecnología militar norteamericana, posible sólo gracias a los enormes recursos de mano de obra que los europeos no tenían ya a su alcance: En Edgewood trabajaron una media de 6.200 soldados y 3.000 civiles de forma continua bajo la dirección del Coronel W.H. Walker, profesor de ingeniería química en el MIT y consultor de la industria privada, que contaba con un selecto grupo de ingenieros químicos uniformados a su servicio. Sin embargo, el relativo éxito de Edgewood no pudo llegar al frote a tiempo: Dado el retraso del Departamento de Artillería con su planta de obuses especiales, tan sólo 300Tm pudieron ser cargadas en sus casquillos y ninguno de ellos llegó a ser utilizado por la Fuerza Expedicionaria Estadounidense en Europa.<sup>608</sup>

El desarrollo de un proceso de síntesis a escala industrial del gas mostaza constituye un ejemplo típico de los métodos empleados por la División de

---

<sup>607</sup> Jones (2007).

<sup>608</sup> West en Yerkes (1920), pp.153 y 164. En lo referente a Edgewood, Bancroft (1919).

Investigación en la resolución de problemas. Varios grupos trabajaron en la American University en métodos sintéticos, asistidos por varios laboratorios en otras universidades, a los que encargaban la resolución de problemas colaterales. Mientras, la División de Desarrollo trabajaba en modelos de producción a escala de las vías más prometedoras. Todos ellos recibían información de las investigaciones que se estaban llevando a cabo en Inglaterra a través del destacamento de investigación del CWS en París. Sin embargo, a pesar de que el esquema de trabajo ya estaba afinado a finales de 1917, la capacidad de poner rápidamente en combate armas de guerra cada vez más sofisticadas requería de una base científica e industrial más amplia y asentada, como dejó claro el éxito alemán con los gases tóxicos.<sup>609</sup>

La coordinación del trabajo entre las diversas secciones de la División de Investigación del CWS resultaba aún más necesaria si cabe a la hora de diseñar nuevos agentes para la guerra química. El procedimiento general comenzaba con la síntesis de laboratorio de un compuesto candidato, que a menudo venía sugerido por el equipo de Emmet Reid en la Universidad Johns Hopkins. Se exploraban de forma exhaustiva varios métodos de síntesis y las propiedades químicas y físicas del producto para comprobar si podría ser utilizado en el frente. Mientras tanto, la Sección Farmacológica investigaba su toxicidad y la de Desarrollo las posibilidades de producirlo a escala industrial. Si las materias primas necesarias eran escasas (como el Yodo) o los intermedios poco accesibles a la industria química americana, el producto era descartado (lo que suponía una clara desventaja frente a la desarrollada industria alemana). El orden de las pruebas se planificaba de forma exhaustiva para que las eliminatorias evitaran trabajo improductivo. Si un nuevo compuesto pasaba todas las pruebas de las diversas secciones, se construía un proceso de producción a pequeña escala en el que los ingenieros químicos podían abordar problemas que no aparecen a escala de laboratorio.

---

<sup>609</sup> West en Yerkes (1920), pp. 154-56.

Mientras tanto, pequeñas cantidades de gas se utilizaban en la Sección de Defensa para asegurar que las máscaras podían adaptarse y proteger a los soldados propios de esta nueva sustancia. Los productos que conseguían pasar también estas pruebas se entregaban a la División de Producción de Gases, junto con los químicos más implicados en el proyecto concreto.<sup>610</sup>

En total los químicos de la sección de investigación en gases ofensivos sintetizaron más de 1600 sustancias para su evaluación, entre las que destacan la Lewisita, la Adamsita y la cloroacetofenona. Esta última fue propuesta por Reid desde Johns Hopkins y adoptada como gas lacrimógeno estándar por el Ejército y la Policía al acabar la guerra.<sup>611</sup> El desarrollo de la Lewisita (2-clorovinil dicloroarsina), por su parte, presenta un ejemplo especialmente interesante del trabajo concreto de la División de Investigación del CWS, puesto que esta sustancia estaba destinada a ser el principal agente químico de la gran ofensiva de 1919. El compuesto recibe su nombre de Winford Lee Lewis, profesor de química en la Northwestern University, que lo aisló por primera vez en Abril de 1918 y estudió sus propiedades vesicantes mientras trabajaba en un laboratorio auxiliar de la División de Investigación en la Universidad Católica de Washington, con el grado de capitán. La atención de la sección de orgánica no.3 de Lewis se había dirigido hacia los compuestos de arsénico a raíz de la introducción de la difenilcloroarsina por los alemanes, convenientemente reportada desde París. En Mayo la sección de orgánica no.1 dirigida por Conant se sumó al desarrollo de la Lewisita, y en Julio ya operaba una pequeña planta a escala en la American University. El producto era muy prometedor, por lo que los mandos militares decidieron mantenerlo bajo estricto secreto y comenzar a construir una planta a escala industrial en Ohio, a la que se trasladaron también las dos secciones de

---

<sup>610</sup> G.A. Burrell, *The Research Division, CWS, USA*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry (JIEC), no.11 (1919), p.99.

<sup>611</sup> West en Yerkes (1920), p. 172

orgánica implicadas. Mientras que el gas mostaza era demasiado persistente y su efecto vesicante aparecía con demasiado retraso como para resultar efectivo en la ofensivas de movimientos de 1918, la Lewisita era menos persistente y más tóxica, por lo que prometía ser el gas ideal para la ruptura del frente planeada por el Estado Mayor Estadounidense para 1919. Sin embargo, nunca llegó a ser probada en combate; un primer cargamento se encontraba de camino a Europa el 11 de Noviembre y la tripulación arrojó la peligrosa carga al mar en cuanto supo del armisticio. El CWS clausuró inmediatamente la planta de Ohio y el Ejército no volvió a producir Lewisita a escala industrial hasta 1941<sup>612</sup>. La Lewisita se mantuvo en secreto durante la Guerra y sólo una vez finalizada ésta se publicó su fórmula y métodos de síntesis en la literatura científica<sup>613</sup>. El compuesto se hizo famoso entre el público general y se contaban historias sensacionales acerca de sus capacidades, dado que sus limitaciones no se habían podido poner de manifiesto al no llegar a tiempo su producción masiva antes del armisticio. Como veremos, la simple fama de la Lewisita resultó muy útil a los grupos de presión militares e industriales, embarcados en la campaña publicitaria de posguerra a favor de la continuidad del *Chemical Warfare Service* y la confiscación de las patentes alemanas.<sup>614</sup>

La movilización estadounidense para la guerra química implicó no sólo la coordinación de recursos y pericia previamente existentes, como en el caso de los explosivos, sino también la generación de una gran cantidad de recursos y conocimientos de nuevo cuño, incluyendo las propias formas de organización de la investigación a escala nacional y bajo supervisión militar. El conocimiento necesario para el desarrollo de máscaras y gases de guerra no

---

<sup>612</sup> Jones (1969), p.150.

<sup>613</sup> W. Lee Lewis and G.A. Perkins, *The beta-chlorovinyl-chloroarsines*, JIEC, no. 15, 1923, pp. 290-5.

<sup>614</sup> Brown (1968), cap.2

se encontraba en las empresas químicas estadounidenses, ni tampoco en el Ejército. La iniciativa tuvo que venir de agencias gubernamentales civiles y de la comunidad académica coordinada por el NRC. A medida que progresaba la guerra, sin embargo, el estamento militar fue asumiendo un papel protagonista en la financiación, primero, y el control, más tarde, de la investigación y la producción. Para el día del armisticio, los militares habían conseguido integrar bajo su mando todos los centros de investigación en guerra química, procediendo a su expansión según directrices ya plenamente militares, como el secretismo y la disciplina. Al finalizar la guerra, más de 1200 científicos trabajaban en la American University de Washington D.C.<sup>615</sup> Estos químicos, médicos, farmacéuticos e ingenieros tenían que obtener resultados bajo la presión de la disciplina militar a un ritmo desconocido antes de la declaración de guerra. El resto de químicos del país estaba impresionado con el trabajo realizado en menos de un año por la División de Investigación del *Chemical Warfare Service*, que se publicó tras la guerra en forma de monografías, como en todas las agencias gubernamentales.<sup>616</sup> La moraleja estaba clara: si se podían conseguir grandes resultados trabajando de esta forma en problemas relacionados con la guerra química, también se podían conseguir en otros ámbitos de investigación pública, privada o mixta, coordinando y dirigiendo el trabajo de diferentes equipos y disciplinas hacia objetivos comunes.

Si atendemos a las relaciones del periodo bélico entre el Gobierno, el Ejército, la industria y las universidades, la historia del programa de guerra química estadounidense difiere considerablemente de la historia de la expansión de la producción de explosivos, o del abordaje de los compuestos orgánicos (tintes) por parte de las empresas privadas. Aunque tanto los altos

---

<sup>615</sup> Haber (1986), p.107.

<sup>616</sup> G.A. Burrell, *The Research Division, CWS, USA*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry (JIEC), no.11 (1919) y West en Yerkes (1920), pp. 148-76.

explosivos como los gases de guerra se basan en compuestos orgánicos sintéticos, la producción de gases tóxicos presentaba unos peligros mucho mayores. Más significativo aún: los gases requerían también un nivel mucho más alto de experiencia tecnológica y científica. La incapacidad de Estados Unidos para dar una respuesta rápida a las exigencias de la guerra química refleja, por lo tanto, la relativa carencia de una química industrial sofisticada. Los esfuerzos realizados por los científicos académicos y el Ejército para adquirir esa capacidad de forma urgente enseñaron dos lecciones imborrables a estos colectivos: Por un lado, la ciencia y la industria constituyen el fondo estratégico de una nación y su preparación debe preceder en mucho tiempo al inicio de las hostilidades. Por otro, la investigación a gran escala necesita de la cooperación y coordinación de los grandes poderes fácticos de la nación para conseguir resultados efectivos. En palabras del Coronel G.A. Burrell, director de la División de Investigación del CWS:

“De la guerra han resultado, a pesar del tremendo sufrimiento y desperdicio, muchas cosas importantes y permanentes para la humanidad. Esto es especialmente verdadero en este país, donde los recursos de la nación no han sido agotados hasta la extenuación ni siquiera de forma aproximada... Sería inconcebible que un servicio en el que han participado miles de hombres de talento no dejara huella en la química de este país... Todos ellos han experimentado la dificultad de la producción a gran escala y han tenido que pensar sobre sus resultados científicos en términos de producción. Ahora conocen plenamente que media un largo y tedioso camino entre el tubo de ensayo en el laboratorio y un exitoso proceso de producción a escala industrial... Hombres de clase en su profesión, que rara vez tenían oportunidad de hablar antes de la guerra han podido intercambiar a diario sus ideas sobre la investigación, la educación, la gestión de los laboratorios y las plantas de producción, etc. Muchos jóvenes de extraordinario talento han

desarrollado sus habilidades y otros, más veteranos, han demostrado que podían hacer un trabajo de primera clase en campos aplicados, diferentes de los que les eran más familiares. Todas estas cosas tendrán importantes consecuencias sobre la química de este país. Puede que, de hecho, constituyan el principio de una nueva era para esta ciencia. Los frutos directos de su trabajo están adaptados para la guerra química. Es posible que los gases tóxicos sean prohibidos debido a sus terribles potencialidades, de modo que ninguno de los artefactos diseñados para la guerra química pueda ser utilizado en el futuro. Pero por otro lado, la mentalidad que subyace al desarrollo de estas sustancias y artefactos no puede ser ya destruida. Los hombres aprovecharán la intensa formación que han recibido. Muchos resultados, entre ellos esa misma formación, encontrarán importantes aplicaciones en la industria...”<sup>617</sup>

#### **4.3 La industria química estadounidense durante la guerra.**

“La forma en la que se amplió la organización, se construyeron nuevas plantas, se mejoraron métodos de producción y se aumentó la producción constituye uno de los mayores logros en la historia de la industria americana...

La compañía también ha encontrado tiempo para dotar a sus actividades de paz de una base más sustancial, desarrollando la producción de tintes hasta el punto de hacer que este país haya conseguido ser independiente de Alemania.”

Informe de la DuPont Co., 1919.<sup>618</sup>

---

<sup>617</sup> Citado por C.J. West en Yerkes (1920), pp. 172-74.

<sup>618</sup> Informe *Production of Ordnance Material by de DuPont Co. during the European War*, p.14., Acc. 1793, DuPont Co., Hagley Museum and Library, Willmington (Delaware).



“La Primera Guerra Mundial fue la mayor propuesta de negocio desde el principio de los tiempos.”

H.E. Coffin, 1919.<sup>619</sup>

La bibliografía sobre la industria química estadounidense durante la guerra continúa en gran medida la que se ha referido en el apartado 2.4. Para una perspectiva general de la movilización económica e industrial norteamericana conviene consultar Koistinen (1997), parte II y Chickering, Förster (2000), caps. 17 y 20. También es interesante el informe de la WIB sobre los resultados de la movilización industrial: Baruch (1921), así como un casi inmediato Clarkson (1923), que reflexiona sobre el informe de Baruch. Hall (1954), cap. 13 se centra exclusivamente en la movilización de los laboratorios industriales. En cuanto a la industria química, imprescindible una vez más Haber (1971), en este caso caps. 7, 8 y 12. Del mismo modo Haynes (1954), vols. II y III prácticamente completos. Chandler (2005), parte 2, presta especial atención a la evolución de la I+D en las industrias químicas americanas. En lo que se refiere específicamente a DuPont, Taylor y Sudnik (1984) siguen analizando la gestión empresarial durante la guerra en los caps. 4 y 5, mientras que Hounshell y Smith (1988) se centran en las secciones científicas en los caps. 3 y 4. En McLeod, Jonson (2006) encuentro dos capítulos interesantes: Steen sobre explosivos y armas químicas (cap.7) y Smith sobre la producción de pólvora sin humo en DuPont (cap.10). En la recopilación de Yerkes (1920) a la que tanto contribuyó G.E. Hale se encuentran también dos capítulos, 8 y 9, dedicados a la producción de nitrógeno y explosivos. Finalmente, es posible contextualizar con mayor

---

<sup>619</sup> U.S. Congress, Committee on Military Affairs, *Hearings and Investigations of the War Department*, 65<sup>th</sup>. Cong., 2nd sess., 1917-18, p.2281. Howard E. Coffin era el vicepresidente de la Hudson Motor Company y principal promotor del *Industrial Preparedness Committee*, organismo privado en el que se pueden rastrear los orígenes de la *War Industries Board* (WIB).

amplitud nuestro tema estudiando el comportamiento de la industria petrolífera y petroquímica en Williamson et.al. (1981), vol I, cap.8 y Enos (1962), caps. 6 y 7.

Como en otros muchos campos, fue la Gran Guerra lo que catapultó a Estados Unidos al status de potencia mundial en industria química. La transformación del sector durante el conflicto y a causa de éste puede calificarse de realmente espectacular: En 1914 el país apenas producía 3000 Tm de tintes en siete empresas dedicadas a la química orgánica; en 1920 esa cifra ascendía a 29000 Tm, un 10% de las cuales se destinaba a la exportación, en 128 compañías que ahora incluían a los gigantes DuPont y Allied Chemical.<sup>620</sup> Las experiencias de la escasez de compuestos orgánicos debida al cese de importaciones alemanas, los pedidos masivos de explosivos por parte de los aliados, la declaración de guerra norteamericana y, finalmente, el fracaso del programa nacional de armas químicas, provocaron una toma de conciencia acerca de la importancia de la química como industria estratégica nacional. La ciencia y la tecnología, hasta entonces poco relevantes en las empresas estadounidenses, se revelaron como el factor clave para ser capaz de responder a todas estas exigencias. La industria norteamericana aprendería la lección bélica e intentaría tomar ejemplo del modelo de ciencia industrial alemán. Sin embargo, un sistema de investigación como el que disfrutaban Bayer o BASF no se podía poner en marcha de forma rápida ni improvisada: La modesta pero eficaz experiencia de investigación de DuPont se reveló fundamental como cimiento de la gran expansión científica y tecnológica que exigía la nueva situación.

La Guerra generó también una difusión sin precedentes de tecnología química, especialmente cuando los gobiernos aliados confiscaron las patentes

---

<sup>620</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.44.

y propiedades enemigas y las pusieron a disposición de las industrias domésticas.<sup>621</sup> Además, el nacimiento de la guerra química y el papel fundamental de la industria en el potencial bélico convirtieron a la química en noticia de portada, atrayendo el interés de nuevos inversores en una época en la que los requerimientos de capital crecían rápidamente y superaban los recursos de la mayoría de las firmas. Los grandes conglomerados presentes en los países aliados tras la guerra (Allied Chemical en Estados Unidos, Imperial Chemical Industries en Gran Bretaña, Montecatini en Italia) fueron un producto directo de la innovación y difusión tecnológica, la financiación y presión política de los gobiernos y la creciente conciencia de las implicaciones estratégicas de la industria química adquirida durante la guerra.<sup>622</sup>

DuPont fue partícipe paradigmático de estos procesos. La compañía de Willmington comenzó a sintetizar tintes en 1917, y más tarde, ya en la posguerra, entró también en el negocio del amoníaco sintético.<sup>623</sup> Partiendo de su creciente capacidad de producción de nitrocelulosa, invirtió también una parte muy substancial de los beneficios de guerra en diversificarse para producir disolventes y pinturas, plásticos de celuloide y las primeras fibras sintéticas, además de una participación substancial en la industria automovilística a través de General Motors que le resultaría enormemente rentable en los años veinte.<sup>624</sup> Sin los enormes ingresos obtenidos como mayor suministrador de propelentes y alto explosivo a los aliados entre 1914 y 1918, la entrada de DuPont en otras áreas de la química habría sido forzosamente mucho menor, más gradual y probablemente menos significativa para el conjunto de la industria química.<sup>625</sup>

---

<sup>621</sup> Steen en Lesch (2000), pp. 323 y sigus.

<sup>622</sup> Chandler (2005), cap. 3

<sup>623</sup> Hounshell, Smith (1988), caps. 3-5, 9 y 10.

<sup>624</sup> Taylor, Sudnik (1984), caps. 4-6 y 8-10.

<sup>625</sup> Smith en McLeod, Johnson (2006), cap.10.

Segundo consumidor de tintes a nivel mundial (superado sólo por Gran Bretaña), en 1913 Estados Unidos se veía obligado a importar más del 90% de sus necesidades. Del puñado de fabricantes domésticos, tan sólo dos, Schöllkopf y Benzol Products, eran capaces de producir sus propios productos precursores e intermedios.<sup>626</sup> Las leyes de patentes norteamericanas carecían de requerimientos de fabricación en suelo nacional y las tarifas sobre la importación de productos químicos eran bajas, debido en gran medida a la presión del lobby de la industria textil (mientras que este sector, al igual que el del acero, se beneficiaba de fuertes aranceles).<sup>627</sup> Tras el estallido de la guerra en Europa en 1914, el gobierno alemán intentó seguir adquiriendo algodón americano a cambio de tintes y medicamentos; durante un corto periodo los británicos, que también necesitaban productos de la tecnología química alemana y esperaban beneficiarse indirectamente de este intercambio, permitieron un flujo continuado de exportaciones alemanas hacia Estados Unidos. A principios de 1915, sin embargo, la postura británica se endureció, afectando no sólo a la industria textil y farmacéutica sino también a la de lacas y pinturas, impresión y varios materiales más. Los precios crecientes de los tintes atrajeron a varias compañías americanas (entre ellas Monsanto), pero sus posibilidades de desarrollo se veían lastradas por la falta de capital, de conocimiento científico y tecnológico y de productos intermedios adecuados. Los pocos productores técnicamente capaces, como Schöllkopf, se mostraban remisos a expandir su capacidad a crédito, ante el panorama incierto para una posguerra que se preveía cercana. Muchos inversores potenciales compartían estas dudas.<sup>628</sup>

---

<sup>626</sup> Haynes (1954), vol. III, cap.16 y Haber (1971), pp.184-88.

<sup>627</sup> Vaughan (1956).

<sup>628</sup> Taylor, Sudnik (1984), cap. 4.

Ya en Noviembre de 1914 la *American Chemical Society* abogó ante el gobierno federal por una revisión permanente de los aranceles sobre productos químicos para corregir estas carencias y fomentar la creación de una industria química nacional avanzada. Sus esfuerzos fueron finalmente escuchados por el presidente Wilson quien, ante las noticias de que se estaba formando un gran cartel químico en Alemania, apoyó la aprobación de un decreto denominado *Emergency Dye Tariff Act* a principios de 1916. En consonancia con su mentalidad a favor del libre comercio, Wilson contemplaba esta tarifa como una medida excepcional en tiempos de guerra, por lo que la propia ley preveía una reducción paulatina de los aranceles impuestos hasta su total extinción en 1921 si los productores domésticos no conseguían abastecer al menos el 60% del mercado americano para dicho año.<sup>629</sup> A pesar de su timidez, la “tarifa de emergencia sobre los tintes” sentó las bases para la expansión de la industria: La *U.S. Tariff Commission*, encargada de velar por el cumplimiento del límite de 1921, se convirtió de facto en impulsora de una industria de tintes norteamericana actuando como cámara de comercio para el *American Dye Institute*. Más tarde, con la entrada de Estados Unidos en la guerra en abril de 1917, la *War Industries Board* (WIB, el organismo creado por el gobierno con personal de la industria privada para organizar la auto-movilización de la producción) también promovió la cooperación y financiación de la industria química, y la demanda militar de benceno, tolueno y fenol disparó el mercado de intermedios orgánicos, propiciando una integración vertical de los fabricantes. En todo caso, las compras aliadas a través del *Export Department* gubernamental con la asistencia financiera de J.P. Morgan jugaron un papel muy significativo en la preparación de Estados Unidos para la guerra: en Abril de 1917 el país ya

---

<sup>629</sup> Haynes (1954), caps. 18 y 27.

contaba con una estructura industrial capaz de producir armamentos a escala masiva.<sup>630</sup>

La demanda creciente y la previsión de un mercado estable para la posguerra fueron atrayendo así a más inversores hacia la fabricación de tintes. En mayo de 1917, justo después de la declaración de guerra por parte de Estados Unidos, se registró la National Aniline and Chemical Company con un capital ampliado de 20 millones de dólares y un potencial de 17.500 Tm anuales de producto. Resultado de la fusión de Schöllkopf, Benzol Products y algunas empresas menores (entre ellas algunas filiales de General Chemical Co.), National Aniline centralizó sus divisiones de ventas, compras y laboratorios siguiendo el ejemplo de DuPont. Al cierre de 1918 su capital había ascendido a 62 millones de dólares; no cabe duda de que la guerra era un negocio rentable.<sup>631</sup>

Por las mismas fechas DuPont hacía públicos sus planes de entrar en el negocio de los colorantes, tras un largo periodo de reflexión y sondeo. La planta de Reapuno llevaba ya dos años produciendo intermedios adecuados como la difenilamina (estabilizante de la nitrocelulosa), para la que el equipo de químicos de la *Experimental Station* había desarrollado un proceso catalítico basado en un artículo del *Journal für praktische Chemie* alemán.<sup>632</sup> No parecía mala idea encontrar otros usos para este exceso de capacidad de producción en caso de que la guerra terminara. En contra estaba la falta de capacidad técnica interna para pasar de los intermedios a los productos terminados y la necesidad de construir plantas exclusivas para los tintes que podían perder su valor si los productos alemanes volvían al mercado estadounidense tras la

---

<sup>630</sup> Koistinen (1997), caps. 6 y 7.

<sup>631</sup> Haynes (1954), vol.III, cap.17.

<sup>632</sup> Hounshell, Smith (1988), pp.57 y 76-7

guerra.<sup>633</sup> Sin embargo, tal y como declaró más tarde Lammot DuPont (quien se convertiría en director de la división de tintes),

“DuPont contaba con un gran plantel de químicos, ingenieros y operadores dedicados a la producción de guerra... Estaban organizados para afrontar cualquier reto que la química pudiera presentar y los compuestos orgánicos eran la marca para aquellos que tenían el conocimiento, la habilidad y el coraje. En DuPont sentíamos que teníamos todo aquello, aunque careciéramos del conocimiento especializado en la producción o aplicación de tintes.”<sup>634</sup>

A pesar de este entusiasmo verbal, lo cierto es que la directiva evitó tomar la decisión hasta que el Congreso aprobó formalmente la *Emergency Dye Tariff Act* en Septiembre de 1916. Es entonces cuando DuPont se hizo con los servicios de un reputado agente de ventas especializado en tintes, Morris R. Poucher, quien se había encargado de las ventas de BASF en Estados Unidos (American Badische Co.) antes de que empezara la guerra. Poucher probó su valía como “lobbista” en los años venideros y fue en parte gracias a sus consejos por lo que DuPont decidió concentrar sus esfuerzos en tintes que no fabricaban otras compañías americanas por razones técnicas, en particular los tintes derivados del antraceno que hasta entonces producían los alemanes casi en exclusiva.<sup>635</sup>

En consonancia con su política habitual de diversificación, DuPont buscó entonces hacerse con tecnología clave en el exterior mediante acuerdos de intercambio tecnológico o compra directa de tecnologías. El objetivo más atractivo era la británica Levinstein, que se había hecho cargo recientemente de la planta de Hoechst en Inglaterra (confiscación de propiedad enemiga) y

---

<sup>633</sup> Taylor, Sudnik (1984), pp. 66 y sigus.

<sup>634</sup> Lammot DuPont a William Haynes, 23 de Septiembre de 1944. DuPont Records, Administrative Files, ser. 2, pt. 2, caja 23.

<sup>635</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.49

tenía por lo tanto acceso directo a procesos y productos alemanes como el del índigo sintético, bajo la supervisión del químico alemán Adolph Liebmann. Al cabo de un mes de negociaciones, el 30 de Noviembre de 1916, se firmó el acuerdo y Levinstein accedió a permitir la inspección de la planta por técnicos de DuPont y a licenciar sus patentes americanas por 1,25 millones de dólares a diez años. Las dos compañías acordaron también compartir futuras patentes y procesos y cooperar en el reparto de las ventas en Estados Unidos. Estas últimas previsiones acabaron resultando totalmente inviables en la práctica y fueron canceladas en 1921; mientras tanto, todo el *affaire* del contrato con Levinstein se vería mezclado en los debates políticos sobre los aranceles a los productos químicos y la confiscación permanente de las patentes alemanas. Por el momento, sin embargo, DuPont tenía lo que buscaba: acceso a la tecnología alemana de tintes, sobre la que inició de inmediato sus investigaciones tanto en el Eastern Laboratory como en la Experimental Station con el fin de desarrollar las patentes a escala industrial. Por su parte, los químicos de DuPont que habían viajado a Gran Bretaña para inspeccionar Levinstein escribieron voluminosos informes que se convertirían en la base teórica de toda la química orgánica en DuPont.<sup>636</sup>

En Febrero de 1917 comenzó la construcción de la primera planta de tintes de DuPont en Deepwater (Nueva Jersey), prácticamente una copia de la planta de Hoechst operada por Levinstein. Al cierre del ejercicio 1918 la inversión en tintes ascendía a 11 millones de dólares, una buena parte de los cuales se habían invertido en personal científico y material para la investigación, excediendo con mucho las predicciones iniciales. Los directivos de DuPont habían pensado que para los tintes, como para otras áreas que ya habían abordado, bastaría con adquirir y desarrollar un poco la tecnología de otra compañía. Mientras que los alemanes habían reconocido hace ya muchos años que una de las claves para del éxito en química orgánica era el

---

<sup>636</sup> Haber (1971), p.186.



*wissenschaftliche massenarbeit*, los norteamericanos tardaron aún algunos años en comprenderlo plenamente. Para intentar copar con las dificultades, Reese decidió enfocar toda la investigación según la perspectiva aplicada del Eastern Laboratory, fusionar los equipos de química orgánica de las dos instalaciones científicas principales en una sola división de orgánica dirigida por Charles Stine, centrar los principales esfuerzos en la construcción de modelos a escala (*seminworks*) y ubicar a los cuarenta y cinco químicos y cuarenta asistentes en la propia planta de Deepwater. La compañía invirtió 1,2 millones de dólares en el nuevo laboratorio de planta, el Jackson Laboratory (en honor del químico Oscar R. Jackson), un tipo de instalación completamente nueva en DuPont pero diseñada a imagen y semejanza de aquellas que las firmas alemanas operaban desde hacía muchos años.<sup>637</sup> En los años de entreguerras el Jackson se convertiría en el laboratorio estrella de DuPont, donde se desarrollaron productos revolucionarios en plásticos y fibras sintéticas.

La inversión en tintes hasta el cierre de 1921 ascendería a 29 millones de dólares<sup>638</sup> y se demostró, como mínimo, precipitada. Como veremos más abajo, las complicaciones técnicas no cesaron y las pérdidas fueron cuantiosas, tales que habrían puesto en serios apuros a una empresa más pequeña, menos diversificada o más dependiente de la financiación externa. La directiva pretendía que sus laboratorios consiguieran en meses lo que a las compañías alemanas les había costado décadas lograr: un cuerpo de químicos y técnicos expertos en la síntesis, el testado y la ingeniería de producción, capaz de desarrollar una amplia gama de tintes aptos para todas las fibras. Además, los tintes obligaron a DuPont a sostener su mayor esfuerzo de presión política hasta la fecha para asegurar la permanencia de altos aranceles, exponiendo aún más a una empresa que ya estaba estigmatizada ante la opinión pública como “merchant of death”, vendedora de explosivos para la

---

<sup>637</sup> Ver Hounshell, Smith (1988), pp. 83-88.

<sup>638</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.50.

guerra. Sin embargo, el capital y la perseverancia acabaron por dar a DuPont una posición dominante en el mercado de tintes norteamericano y la compañía se pudo arrogar el deber patriótico de liberar a la industria química americana de su yugo alemán. Quizá aún más importante: los tintes obligaron a DuPont a dominar la tecnología de los compuestos orgánicos sintéticos, que sería crucial para sus nuevos desarrollos en el periodo de entreguerras a medida que nuevos plásticos, lacas, conservantes y fibras sintéticas salían de sus laboratorios.<sup>639</sup>

Como ya se ha explicado, el rápido desarrollo de procesos sintéticos para fijar el nitrógeno atmosférico a escala industrial fue uno de los principales logros de la química durante la Gran Guerra. Varios métodos se habían desarrollado a escala de laboratorio antes de la guerra, pero sin la presión de la demanda militar las grandes inversiones de capital necesarias habrían retrasado la producción a gran escala durante un largo periodo de tiempo. Los estados en guerra financiaron los costes atrayendo a inversores privados y contribuyendo así a la emergencia de grandes empresas químicas fuertemente capitalizadas. Los recursos financieros y tecnológicos aplicados a la creación de una industria de nitrógeno sintético sentaron las bases para la investigación en combustibles y materiales sintéticos, además de todo el campo de la petroquímica, condicionando así las direcciones de avance de la industria química en las décadas siguientes.<sup>640</sup>

American Cyanamid era el mayor productor de nitrógeno sintético para fertilizantes en los Estados Unidos en vísperas del estallido de la Primera Guerra Mundial, y por ello ocuparía un lugar relevante en el programa de guerra del gobierno federal para poner en marcha una gran planta de

---

<sup>639</sup> Haynes (1954), caps. 27 y 28 y Taylor, Sudnik (1984), caps. 6-9.

<sup>640</sup> Haber (1971), pp. 198 y sigus., Haynes (1954), vol. II, caps. 8-11.

nitrógeno sintético en Muscle Shoals (Alabama).<sup>641</sup> Pero el proceso de la cianamida compartía los defectos del proceso de arco eléctrico: altos costes energéticos y bajos rendimientos en nitrógeno útil para fertilizantes o explosivos. Sin embargo, la carencia de un proceso más eficiente no preocupaba demasiado a los aliados, pues para ellos el flujo de nitratos naturales chilenos no se vio nunca interrumpido, ya que la única amenaza potencial a los mercantes británicos y norteamericanos, el escuadrón naval del almirante von Spee, fue destruido cerca de las Malvinas en Diciembre de 1914.<sup>642</sup> Las minas chilenas en propiedad de empresas alemanas fueron confiscadas por los británicos hasta la firma del Tratado de Versalles.<sup>643</sup> DuPont poseía su propia mina en Chile, “Oficina Delaware”, adquirida en 1910 para asegurar el abastecimiento de nitratos a bajo precio para sus plantas de nitrocelulosa y valorada en unos 8 millones de dólares en noviembre de 1918.<sup>644</sup> Con su propia fuente de materia prima asegurada, DuPont era virtualmente inmune a los precios crecientes provocados por el aumento de la demanda de nitratos de los aliados con el inicio de la Guerra. Además, una vez que Estados Unidos entró en el conflicto, la división de transportes de la WIB dio prioridad a los suministros de DuPont, otorgándole también un tercio del total de nitratos asignados a Estados Unidos por el acuerdo interaliado, de modo que la compañía tampoco sufrió el caos de suministros de finales de 1917.<sup>645</sup> Estas ventajas permitieron mantener una reserva constante de nitratos para más de tres meses de producción a lo largo de toda la Guerra, a pesar de la siempre creciente producción de explosivos.<sup>646</sup>

---

<sup>641</sup> Haynes (1954), vol.II, cap. 8.

<sup>642</sup> Chickering; Förster (2000), cap. 10.

<sup>643</sup> Haynes (1954), vol. II, caps. 6 y 7 para los nitratos chilenos.

<sup>644</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.53.

<sup>645</sup> Ver Koistinen (1997), cap. 9.

<sup>646</sup> Yerkes (1920), cap.8.

Mientras tanto fueron elevándose las voces que abogaban por una planta de nitrógeno sintético financiada por el gobierno, especialmente entre los congresistas que representaban a estados agrarios, ansiosos por asegurar la producción de fertilizantes en un momento en el que los explosivos absorbían la mayor parte de las importaciones de nitratos. Ante el renovado interés en la fijación de nitrógeno atmosférico, American Cyanamid se aproximó a DuPont con una propuesta para construir una planta conjunta que se sirviera de una instalación propia de energía hidroeléctrica. Pierre DuPont había estado ya considerando una empresa similar, pero en solitario. En mayo de 1915 DuPont registró una marca subsidiaria, American Nitrogen Company, para desarrollar el proceso Birkeland-Eyde en los Estados Unidos. El problema era la planta hidroeléctrica: las localizaciones con mayor potencial estaban en manos del gobierno federal y su desarrollo por compañías privadas había sido restringido desde 1907. Sirviéndose de su capacidad de presión y experiencia en el arte del “lobbismo”, DuPont intentó persuadir al gobierno no sólo de que les cediera una localización adecuada sino incluso de que financiara la construcción.<sup>647</sup> Pierre argumentaba que,

“dado que su empresa podría consumir en tiempos de paz y con fines comerciales la enorme cantidad de ácido nítrico que el Gobierno podría requerir para fines militares en guerra, era lógico que la electricidad necesaria fuera obtenida mediante gasto público.”<sup>648</sup>

Resulta obvio que el gobierno no iba a asumir tal gasto antes de entrar en guerra, por lo que DuPont decidió abandonar el proyecto a finales de 1916, aunque en un segundo plano mantuvo su interés en los aspectos técnicos y el potencial comercial de la fijación de nitrógeno atmosférico.<sup>649</sup>

---

<sup>647</sup> Taylor, Sudnik (1984), pp.50 y sigus.

<sup>648</sup> Pierre DuPont al senador Oscar Underwood, 1 de Abril 1916. DuPont Records, Administrative Files, caja 3.

<sup>649</sup> Hounshell, Smith (1988), cap.9

Desde entonces y como veremos, la compañía norteamericana centró sus esfuerzos en hacerse con la tecnología catalítica de altas presiones como la clave para entrar en la industria del nitrógeno, una búsqueda que le conduciría a complejos contactos con compañías extranjeras durante la década siguiente.<sup>650</sup>

El gobierno federal, por su parte, trabajaba en un programa público para el desarrollo de una planta de nitrógeno atmosférico. En junio de 1916 el Congreso aprobó la Ley de Defensa Nacional que incorporaba en su sección 124 una autorización inicial de 20 millones de dólares para ese fin.<sup>651</sup> El artículo concretaba que la planta debería proveer a las fábricas de explosivos en tiempos de guerra y a las de fertilizantes en tiempos de paz. Incluía también el requerimiento de una investigación de los diversos procesos alternativos, lo cual retrasó el inicio del programa durante más de un año. Ya implicados en la Guerra, el Comité de Abastecimiento de Nitratos de la WIB, representando a los intereses industriales privados, decidió seguir el consejo del jefe de suministros de artillería del ejército, Eysten Berg, quien propuso un esfuerzo urgente por dotar a Estados Unidos de una planta estratégica de síntesis de amoníaco análoga a la alemana. La única empresa estadounidense con cierto conocimiento en esta área era la General Chemical, que había conseguido hacerse con los derechos americanos de una versión modificada del proceso Haber-Bosch en su fase experimental, en 1913. William Nichols, ejecutivo de General Chemical, era uno de los hombres fuertes del Comité de Abastecimiento de Nitratos de la WIB.<sup>652</sup>

Un comité paralelo establecido por el NRC y dirigido por el químico Arthur Noyes (M.I.T.), sin embargo, mantenía que un desarrollo exitoso del

---

<sup>650</sup> Taylor, Sudnik (1984), cap.8.

<sup>651</sup> Haynes (1954), vol. II, cap.9.

<sup>652</sup> Haynes (1954), vol.II, pp.95y sigus.

proceso Haber-Bosch llevaría al menos dos años;<sup>653</sup> una conclusión compartida por Irénée DuPont, quien había podido examinar los bocetos del proceso adquiridos por General Chemical y urgió de nuevo al gobierno para que proveyera la energía hidroeléctrica necesaria para la expansión del bien conocido proceso de la cianamida.<sup>654</sup>

Prevaleció el criterio de la WIB y General Chemical fue agraciada con un contrato para la construcción de una planta Haber-Bosch en Sheffield, Alabama. Según la ley de 1916 la planta sería operada directamente por el gobierno. Este proyecto, denominado “Planta de Nitratos no. 1”, costó 12 millones de dólares y nunca llegó a producir nitrógeno; en septiembre de 1917 ya estaba claro que el programa resultaría inviable. En diciembre los defensores del proceso de la cianamida volvieron a la carga proponiendo una “Planta de Nitratos no.2”, a construir por American Cyanamid en la gran instalación hidroeléctrica de Muscle Shoals (Alabama) con una capacidad anual de 200.000 Tm de cianamida, equivalentes a 40.000 Tm de nitrógeno. Este proyecto progresó rápido, completándose en menos de un año con un coste de 68 millones de dólares. Dos plantas más estaban en construcción cuando el armisticio detuvo todos los proyectos gubernamentales avalados por el estado de guerra, en noviembre de 1918. El gobierno había invertido 107 millones de dólares y sólo había conseguido producir 100 Tm de nitrógeno sintético. <sup>655</sup> Debido a los pésimos resultados, el programa de nitrógeno sintético fue sometido a varias revisiones por comisiones de investigación del Congreso tras la guerra.

En 1919 el Presidente Wilson designó a Arthur Glasgow, quien había dirigido el estudio sobre la industria europea del nitrógeno, como administrador de las plantas de nitrógeno públicas. Glasgow intentó primero

---

<sup>653</sup> Noyes en Yerkes (1920), cap.8

<sup>654</sup> Taylor, Sudnik (1984), pp. 55-6.

<sup>655</sup> Haynes (1954), vol.II, pp.97-103.

atraer el interés de las compañías privadas para que compraran las plantas, pero incluso la mayor partícipe de su construcción, American Cyanamid, rechazó adquirirlas ante el incierto mercado de posguerra. El administrador propuso entonces que fueran operadas por el gobierno para proporcionar fertilizantes baratos a los estados agrarios. El asunto de las plantas de nitrógeno se complicó entonces con la incurable fobia norteamericana por la competencia entre el sector público y el sector privado; la presión de los lobbys en Washington, agravados por la situación política y el debate paralelo sobre los aranceles y la propiedad de las patentes alemanas, acabó con cualquier posibilidad de operación de las plantas públicas de cianamida. Más de una década después, ya en tiempos del New Deal, la instalación hidroeléctrica de Muscle Shoals se convertiría en la piedra angular de la *Tennessee Valley Authority*, uno de los proyectos estrella de la administración Roosevelt.<sup>656</sup>

A pesar del fiasco, el programa de guerra norteamericano para la síntesis de amoníaco jugó un importante papel en el desarrollo de la industria química de posguerra. DuPont empezó a buscar en serio una vía para acceder a la tecnología catalítica de altas presiones, construyendo su primera planta de nitrógeno, en 1924.<sup>657</sup> General Chemical aprendió de sus errores financiados con dinero público y consiguió hacer funcionar una planta valorada en 42 millones de dólares a principios de 1921. Un año más tarde la recién fundada Mathieson Alkali Co. operaba una planta de síntesis de amoníaco en el Niágara, basada en un proceso alternativo desarrollado por el Laboratorio de Investigación en Fijación de Nitrógeno del Ejército, que había trabajado en los problemas de las plantas gubernamentales durante la guerra con la asistencia del *National Research Council* de Hale.<sup>658</sup>

---

<sup>656</sup> Haynes (1954), vol.II, cap.11 y Hughes (1989), pp. 265-6 y 360-4.

<sup>657</sup> Hounshell, Smith (1988), cap. 9.

<sup>658</sup> Haynes (1954), vol.IV, caps. 6 y 19. Papel del NRC en Yerkes (1920), cap. 8.

El periodo de guerra estimuló también las fusiones en la industria norteamericana, en gran parte debido a las grandes inversiones requeridas para desarrollar los campos de productos orgánicos, sustitutos de la potasa, la acetona, el benzol y otras áreas relacionadas. La mayor fusión del periodo fue la que combinó a Allied Chemical con General Chemical (ácido sulfúrico y nitrógeno), Solvay (Sosa), Barret (alquitrán y destilados) y National Aniline (tintes). La fusión se completó una vez terminada la guerra, dando lugar a un gigante con 283 millones de dólares en activos, superiores a los 253 con los que contaba DuPont en aquel momento. A menor escala, en 1917 quedó inscrita la Union Carbide and Carbon Corporation con unos activos de 150 millones de dólares por fusión de varias empresas pequeñas del medio oeste que tenían en común la obtención de productos relacionados con el carbón. Gracias a la fusión, Union Carbide pudo expandirse en el campo de la petroquímica mediante acuerdos con las grandes petroleras que también habían hecho su agosto durante la Guerra, reflejando así el creciente peso y complejidad de la industria química norteamericana.<sup>659</sup>

Volviendo a DuPont, hemos visto como su decisión de entrar en el campo de los colorantes en 1917 formaba parte de una estrategia de diversificación más amplia emprendida en 1911. Si bien el miedo de perder el negocio de los suministros de explosivos a los militares había desaparecido por completo gracias a la guerra, el comité ejecutivo reconocía la necesidad de encontrar alternativas para su capacidad de producción cuando el conflicto terminara. Durante los años de guerra emplearon una parte considerable de las ganancias en continuar y expandir sus planes de diversificación para asegurar que la gigantesca inversión en producción militar pudiera ser absorbida por la producción de bienes para el mercado civil. Esperaban así no

---

<sup>659</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.57 y con más detalle en Haynes (1954), vol. IV, cap. 3.



verse afectados por el exceso de capacidad que había puesto en peligro las finanzas de la compañía en anteriores posguerras. La conciencia de la propia historia y la comprensión de los requisitos del negocio a largo plazo se demuestran, pues, fundamentales para explicar las opciones tecnológicas por las que optó DuPont en estos años cruciales. En vísperas del inicio de la Guerra en Europa DuPont se había embarcado en un proyecto a gran escala para la fabricación de cuero artificial y se preparaba también para entrar en el campo de los materiales de celulosa. La meteórica demanda de explosivos por parte de Francia y Gran Bretaña a partir del otoño de 1914 obligó a la paralización temporal de estos proyectos, pero no alteró la dirección fundamental hacia la que se había orientado la compañía. En todo caso, la expansión de la capacidad de producción de nitrocelulosa no hizo sino reforzar la necesidad de diversificación percibida por el comité en 1911.<sup>660</sup>

Durante el periodo bélico se produjo también una enconada lucha por el poder en la cúpula de la compañía, de la que emergió un nuevo comité ejecutivo en Febrero de 1915. Bien coordinado, más joven y de mentalidad más innovadora, liderado por Pierre DuPont, el nuevo grupo directivo ostentaba un control más férreo de todas las operaciones de la compañía. Este hecho resultó crucial para asegurar una rápida y decidida implementación de la estrategia de diversificación y la reinversión de una parte substancial de los beneficios en medidas que transformaron a DuPont en uno de las principales empresas químicas a nivel mundial. Como muestra del meteórico crecimiento que la venta de explosivos permitió a DuPont ya desde los primeros meses de la Guerra, cabe mencionar el valor de sus acciones en la bolsa de Nueva York: de 120\$ por acción en septiembre de 1914 a 430\$ en octubre de 1915.<sup>661</sup>

---

<sup>660</sup> Hounshell, Smith (1988), pp. 78 y sigus.

<sup>661</sup> Taylor, Sudnik (1984), pp. 62-66.

Los pedidos masivos franceses y británicos comenzaron a llegar en octubre de 1914; DuPont reaccionó con cautela. La mayoría se referían a explosivos que DuPont no producía aún a gran escala, como ácido pícrico y TNT, y cualquier expansión de la producción implicaba una inversión sustancial. Mucha gente relevante pensaba aún que la guerra terminaría para navidad. En consecuencia, DuPont exigió que el precio pagado por los aliados fuera lo suficientemente elevado como para cubrir los costes de la expansión, con un 50% por adelantado y otro 30% mediado el proceso de fabricación. De este modo, los aliados absorberían el coste completo del incremento de capacidad prácticamente por adelantado. Dado que los aliados no contaban con reservas para una guerra larga, DuPont era el mayor productor de explosivos fuera de Europa y contaba con el control del suministro de materias primas, los compradores tenían pocas opciones de presionar para cambiar los términos impuestos por la compañía de Delaware.<sup>662</sup>

Aunque DuPont contaba ya con las capacidades tecnológicas necesarias para producir los explosivos que demandaban los aliados, se demostró necesaria una gran habilidad de gestión para organizar un incremento de la producción tan grande en un periodo de tiempo tan corto. Buena parte de ese mérito recayó sobre el militar Mayor William G. Ramsay del cuerpo de ingenieros, al cargo de planear y coordinar los planes de expansión de capacidad, entre los que destacó la construcción de una masiva planta de pólvora sin humo en Hopewell (Virginia).<sup>663</sup> En el primer año de guerra la facturación de DuPont se quintuplicó, ascendiendo a 131,1 millones de dólares y amortizando por completo los costes de aumento de capacidad, dejando un beneficio neto de 54,7 millones, el mayor con diferencia de la historia de la empresa. En 1916 la facturación se duplicó respecto al año

---

<sup>662</sup> Munroe en Yerkes (1920), cap.9.

<sup>663</sup> Smith en McLeod, Johnson (2006), cap.10.

anterior, dejando un beneficio de 82 millones, unos 20 millones más que todos los beneficios acumulados en la década 1904- 1914.<sup>664</sup> Al finalizar la Guerra, DuPont había suministrado a los aliados 425 millones de dólares en explosivos (alrededor del 40% del consumo de explosivos comunes de Francia y Gran Bretaña según un cálculo del departamento de artillería del ejército estadounidense), una facturación muy superior a los suministros de acero de Bethlehem Steel Co. (298 millones) o American Smelting and Refining (242 millones)<sup>665</sup>. A la vista de estas cifras, se hace difícil pensar que los aliados hubieran podido sostener su esfuerzo de guerra más allá de 1915 sin la “contribución” de las empresas norteamericanas, mientras el suyo era aún un país neutral; Estados Unidos fue el equivalente al *Ersatz Programm* para franceses y británicos. Las ventas totales de explosivos al gobierno de los Estados Unidos durante su participación en la Guerra ascendieron a otros 425 millones, lo que da una idea de la escala de la intervención estadounidense en un periodo tan corto (19 meses). La planta de pólvora sin humo construida por DuPont en Old Hickory (Tennessee) a velocidad de vértigo por encargo del Gobierno Federal fue el mayor proyecto de construcción de la Guerra e incluía las mayores instalaciones del mundo para producir ácido nítrico, sulfúrico, difenilamina y refrigeración; 250.000 trabajadores participaron en la construcción y 40.000 se encargaron de operar en ella una vez finalizada.<sup>666</sup>

Una valiosa experiencia para lo que veinticinco años más tarde sería el proyecto Manhattan: La gran industria y el gran gobierno aprendieron en la Primera Guerra Mundial estrategias de cooperación a un nivel hasta entonces desconocido en Estados Unidos. En especial, el gobierno aprendió que las corporaciones atesoraban habilidades tecnológicas y de gestión que no podían

---

<sup>664</sup> Hounshell, Smith (1988), p.76.

<sup>665</sup> Smith en Mc. Leod, Johnson (2006), p. 168.

<sup>666</sup> Smith en Mc. Leod, Johnson (2006), p. 176.

ser duplicadas sin una larga y costosa preparación previa. El interesante proceso de movilización industrial estadounidense a través de los hombres de negocios y corporaciones organizados por el gobierno en la *War Industries Board* (WIB) aparece descrito de forma detallada y muy bien analizada en Koistinen (1980, cap. 2 y 1997, caps. 8-11). Según este autor el sistema de adjudicaciones y suministros no mantuvo la clara separación entre intereses públicos y privados que sus miembros le atribuían. Con un funcionamiento de facto que nos recuerda mucho a la “liga militar- industrial” alemana de Luddendorf y Duisberg, el proceso de toma de decisiones era, en el mejor de los casos, de tipo orgánico- corporativo.<sup>667</sup> En consecuencia, “la industria impuso sus propias regulaciones y asumió el 90% de la responsabilidad de hacer que se cumplieran.”<sup>668</sup> Koistinen concluye que son estos los primeros pasos firmes del complejo industrial- militar norteamericano. Por su parte, el especialista en historia de la tecnología militar Merritt Roe Smith apunta que la experiencia estadounidense durante la Primera Guerra Mundial constituye un claro ejemplo de cómo el momentum del cambio tecnológico puede alterar profundamente las relaciones de gobierno de una sociedad:

“En 1917 la tecnología militar se había convertido en un sistema complejo y muy caro. Los prerrequisitos industriales para producirla y hacerla funcionar habían adquirido tales proporciones que las tradicionales agencias de abastecimiento militares no podían ya encargarse solas de una movilización masiva... De la crisis de movilización del invierno 1917-18 emergió un nuevo alineamiento entre el gobierno y la industria en el que hombres de negocios formaban parte activa y tomaban decisiones por el gobierno... Los civiles representaban ahora un papel imprescindible en la preparación del país para la guerra. La nueva combinación industrial- militar tenía un precio: la defensa nacional asumía un carácter corporativo, sujeto a

---

<sup>667</sup> Koistinen (1980), p.34.

<sup>668</sup> Clarkson (1923), p.98.

las presiones de burocratización, centralización y politización que ya surgían claramente en otros grandes sectores de la vida económica americana. Irónicamente, el departamento de artillería de ejército, que tanto había hecho por impulsar el desarrollo de la tecnología de estandarización y producción en masa, se convirtió en una de sus primeras víctimas”.<sup>669</sup>

En los años de posguerra, la comisión de investigación “Nye” en el congreso acusaría a DuPont de aprovecharse de su posición para extraer beneficios ilícitos de los aliados, primero, y del gobierno de Estados Unidos, más tarde. Los portavoces de DuPont mantuvieron que las condiciones draconianas fueron necesarias para soportar la presión que comportaba semejante expansión, y pusieron como ejemplo los graves problemas financieros que tuvieron que afrontar Aetna Explosives Company o Winchester Arms Company cuando los contratos aliados fueron cancelados precipitadamente al finalizar la guerra, mientras que los préstamos con los que habían financiado sus respectivas expansiones de capacidad seguían pendientes de devolución. DuPont argumentó también en su favor que los precios de los explosivos se estabilizaron a partir del tercer cuarto de 1916, cuando sus plantas alcanzaron el máximo de capacidad productiva, a tiempo para empezar a cumplir con los pedidos del ejército estadounidense. Dado que la compañía había financiado su expansión a costa de los aliados, los precios para Estados Unidos pudieron permanecer estables durante toda su participación en la guerra.<sup>670</sup>

Más significativo en términos del futuro desarrollo, además de financiar la expansión en tiempo real, los primeros años de guerra dotaron a DuPont de una reserva de 89 millones de dólares para invertir en el programa de diversificación, además de un sistema completo de nuevas plantas y equipamientos “state of the art” y un personal técnico curtido y

---

<sup>669</sup> M.R. Smith, en Cooling (1977), pp. 41-2.

<sup>670</sup> Hounshell, Smith (1988), pp.317, 332 y Koistinen (1997), pp.119-34.

perfectamente preparado para abordar nuevos campos. Uno de los primeros grandes movimientos ejecutados con los beneficios fue la adquisición por 5,3 millones de dólares de la Arlington Company, el mayor fabricante estadounidense de materiales plásticos basados en la celulosa. La dirección de esta nueva división fue encargada a Lamot DuPont, el mejor preparado técnicamente de los tres hermanos que ahora controlaban la compañía.<sup>671</sup>

En 1915 la nueva directiva encargó al Departamento de Desarrollo la tarea prioritaria de identificar productos que pudieran ser fabricados en las nuevas plantas cuando la demanda militar decayera. Inicialmente el departamento se concentró en buscar nuevos fines para las enormes plantas de nitrocelulosa recién construidas en Nueva Jersey y Virginia. El nuevo director, R.M. Carpenter, otro egresado del M.I.T., presentó en conjunción con Sparre un elaborado plan a finales de 1916 en el que proponía desarrollar un sistema de industrias relacionadas que pudiera absorber una proporción aceptable del exceso de capacidad, así como el personal técnico más capacitado y los bienes de equipo adquiridos durante la guerra.<sup>672</sup> Estas “industrias relacionadas” incluían los aceites vegetales y minerales, pinturas y lacas, tintes y productos orgánicos relacionados, productos pesados solubles en agua, textiles sintéticos y fibras de celulosa. Cada uno de los productos considerados se fabricaba a partir de materiales que eran o podían ser fabricados en las plantas que DuPont ya poseía o se hallaba en curso de poseer. Muchos de ellos estaban relacionados entre sí: solubles como el ácido tartárico u oxálico eran imprescindibles en la fabricación de tintes, los aceites se utilizaban en pinturas o jabones, y la celulosa para los explosivos era la base para las nuevas fibras sintéticas. Con este plan DuPont no sólo se convertía en una empresa realmente diversificada, sino que también mantenía

---

<sup>671</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.61.

<sup>672</sup> Hounshell, Smith (1988), pp.71 y sigus. y Taylor, Sudnik (1988), pp. 66 y sigus.

las ventajas de una integración vertical que había sido la clave ancestral de su éxito con los explosivos.

En consonancia con la también tradicional cautela financiera de la compañía, la directiva impuso una prueba adicional de viabilidad comercial para cada propuesta de diversificación: debía de garantizar un 12% de beneficios en un periodo de tiempo razonable, supervisado por el propio Pierre DuPont.<sup>673</sup> En la práctica, este requisito no aseguraba el retorno de todas las inversiones, siendo los tintes el ejemplo más claro de falta de beneficios a medio plazo. Sin embargo, el rigor en la contabilidad y el tener un procedimiento estándar para decidir cuándo cortar una línea de inversión ahorró a la compañía las pérdidas en las que incurrieron muchas empresas que decidieron invertir en tecnología durante e inmediatamente después de la guerra.

El Departamento de Desarrollo también recomendó continuar con la práctica de expansión por adquisición. Como en el caso de Arlington, el acceso inmediato al conocimiento tácito de la empresa adquirida se consideraba más rentable que alcanzar la capacidad productiva por experimentación y ensayo internos. La gran ventaja de DuPont residía ahora en su tamaño y recursos financieros, y en las consiguientes economías de escala que podía poner en marcha. Así, en 1917 adquirió las empresas de pinturas Harrison Brothers de Filadelfia por 8,5 millones de dólares y Flint Varnish and Color Works, especializada en automovilística, por 4 millones.<sup>674</sup> Cuando no existía ninguna empresa que adquirir o no estaba al alcance económico, el Departamento de Desarrollo se encargaba de iniciar su propio programa de investigación. En 1917 Carpenter asignó a Sparre y su equipo de

---

<sup>673</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.60

<sup>674</sup> Haynes (1954), vol.III, cap.7 y Hounshell, Smith (1988), p. 143.

la *Experimental Station* el estudio sobre los aceites vegetales y los aspectos más innovadores de las fibras sintéticas.<sup>675</sup>

La intervención de Estados Unidos en la guerra europea en primavera de 1917 ralentizó temporalmente el impulso de diversificación. Los recursos de la compañía tenían que dedicarse a satisfacer un nuevo aumento de la demanda militar, así como a la construcción de cinco nuevas plantas gigantes encargadas por el gobierno mediante los hombres de negocios de la WIB por 130 millones de dólares, de las que DuPont obtuvo un beneficio de 2,7 millones contando con las expansiones definitivas para las grandes campañas bélicas de 1918. La facturación de 1917-18 se disparó hasta casi 600 millones de dólares con beneficios netos de 92,4 millones. Los activos de la compañía al finalizar la guerra ascendían a 303,3 millones, más del triple que los 83,4 millones de 1914.<sup>676</sup> Parte de estos activos representaban enormes plantas de explosivos que tenían poco valor en tiempos de paz, pero estas propiedades estaban amortizadas y gracias a su espléndido equipo técnico-científico, DuPont fue capaz de aprovechar buena parte del equipamiento para nuevas instalaciones de alto valor comercial. Al no tener que repartir dividendos entre accionistas, el grueso de los beneficios estaba disponible para desarrollar los nuevos campos de la química abordados en los últimos años.

Sin embargo, la inversión más importante en términos económicos realizada por DuPont en 1917-18 fue la compra de un 24% de General Motors por 42,5 millones de dólares.<sup>677</sup> Los nuevos productos en cuero artificial y pinturas eran perfectos para una industria automovilística que prometía ser la estrella de la posguerra, y los tres hermanos al mando querían asegurar un cautivo para DuPont en este mercado. Pierre se comprometió de

---

<sup>675</sup> Hounshell, Smith (1988), p.77

<sup>676</sup> Smith en McLeod, Jonson (2006), p. 174.

<sup>677</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.71.



forma activa en la gestión de GM, implementando en Detroit las técnicas que habían tenido éxito en Delaware y ayudando a la automovilística a superar la corta recesión de posguerra, dotándola de una base sólida para acometer la expansión de los años veinte. Además, las fábricas de Detroit pudieron absorber a una parte de los ingenieros y trabajadores cualificados que sobraban en las plantas químicas al acabar la guerra. Cabe notar que el otro gran inversor en GM era el grupo financiero G.P. Morgan, que había estrechado lazos con DuPont a través de su financiación de las compras de explosivos para los aliados. Los grandes grupos industriales y financieros estadounidenses, a los que la guerra había convertido en grandes, se asociaban y ocupaban posiciones para dominar el mundo económico de la posguerra. El mayor beneficio que la inversión en GM acabó proporcionando a DuPont fue el retorno de dividendos y el continuo incremento de valor de las acciones. Con la asistencia de DuPont, en 1927 GM desplazó a Ford como líder del mercado. En 1929 los dividendos de GM constituyeron casi el 50% de los beneficios, ayudando a amortiguar las pérdidas de las líneas de colorantes y los escasos retornos de otras divisiones químicas, permitiendo a DuPont continuar con sus programas de investigación y diversificación sin necesidad de endeudarse o ampliar capital, a pesar de haber agotado las reservas financieras de la guerra.<sup>678</sup>

Ahora que ya estamos familiarizados con las cifras de DuPont en dólares de la época se puede apreciar en su justa medida las inversiones realizadas en I+D, tanto en la absorbente sección de colorantes como en otras áreas más familiares para los químicos norteamericanos. En 1914 DuPont gastó 250.000 dólares en este apartado, un 4,5% de sus beneficios, con un personal de 95 empleados. En 1916, con la expansión de producción para la guerra, la planta de difenilamina en marcha y las primeras grandes

---

<sup>678</sup> Para la relación de DuPont con GM, Taylor, Sudnik (1984), pp. 71 y sigus. y Hounshell, Smith (1988), pp. 88 y sigus. o Haber (1971), pp.310 y sigus.

adquisiciones, estas cifras ascendían a 639.000 dólares y 200 empleados, lo que suponía tan sólo un 0,8% de sus enormes beneficios por venta de explosivos. Pero el gran salto llega con la entrada efectiva en el negocio de los tintes: en 1918 las cifras fueron 2,75 millones de dólares (un 6,4% de los beneficios) y 475 empleados. Las cifras siguieron creciendo a pesar del final de la guerra, en consonancia con la perseverante política de diversificación: 3,45 millones de dólares (un impresionante 19,5% de los beneficios) y 652 empleados en 1919. Y aunque la recesión de posguerra hizo mella en los beneficios de la compañía, obligando a disminuir notablemente los gastos en I+D hacia 1921, el compromiso de la directiva se mantuvo firme, con la dedicación del 22,8% de los beneficios de ese ejercicio, aunque ahora esto suponía “tan solo” 1,73 millones de dólares y un gran recorte de personal, 135 empleados que ahora bastaban para mantener operativas las nuevas plantas y poco más que sostener las líneas de investigación en curso.<sup>679</sup>

El artículo de 1911 *Research as a financial asset*, publicado en *The Journal of Industrial and Chemical Engineering* por Willis Whitney quien, como director de la investigación industrial de General Electric, se podía considerar el pionero de este tipo de investigación en Estados Unidos, es desde su título una clara muestra de la conciencia contemporánea del significado de la ciencia en la industria. Whitney enfatiza que el corazón del laboratorio de investigación industrial es el enorme potencial de la cooperación y el acceso a nuevos instrumentos:

“La matemática de la cooperación de hombres y herramientas es interesante... Trabajadores llevando a cabo sus experimentos individualmente contribuyen en proporción a su número y su trabajo puede considerarse aditivo... Pero cuando un grupo de hombres cooperan su trabajo se eleva a

---

<sup>679</sup> Cifras en Hounshell, Smith (1988), pp. 12, 100 y 120.

alguna potencia. Dos hombres cooperando con un pirómetro y nuevas sustancias químicas son más poderosos que su suma aritmética.”<sup>680</sup>

Como buen director de investigación, Whitney tenía la habilidad de hacer cooperar a trabajadores con conocimientos y talentos complementarios. Los teóricos trabajaban con los experimentales; los químicos con los físicos, los científicos con los ingenieros y los técnicos. Los equipos fabricaban rápidamente instrumentos nuevos, específicamente adaptados a las necesidades de la investigación concreta, o sintetizaban y purificaban las sustancias necesarias para explorar nuevas vías de producción, o nuevos materiales. El papel del director era exprimir al máximo las posibilidades del conjunto ubicando, dirigiendo y controlando adecuadamente hombres e instrumentos, creando un espíritu de cooperación y un sentimiento de éxito personal y de equipo por los resultados obtenidos. Precedentes importantes para Oppenheimer y Los Álamos. El laboratorio de investigación industrial, en resumen, demostraba el potencial de la cooperación científica para rehacer el mundo.

---

<sup>680</sup> Whitney, Willis, “Research as a financial asset”, JIEC, vol. 3, n.6, June 1911, p.429. Para conocer más acerca de esta figura, ver Hughes (1989), p. 159 y sigus.

## 5 Balance de Guerra.

Como ya he señalado en la introducción, creo que el valor de esta investigación radica en obtener una visión panorámica de los inicios de la investigación industrial a gran escala y de su relación con la guerra, centrándose en la disciplina paradigmática de la química. Y ello con la esperanza de que la visión de conjunto permita una mejor comprensión de aspectos y relaciones que quedarían fuera del alcance de estudios de caso más minuciosos. Uno de esos aspectos, quizá el fundamental para este trabajo, es la comparativa entre la química alemana y la norteamericana durante la Gran Guerra, las dos naciones que eran percibidas y se percibían a sí mismas como vanguardia de la modernidad tecnológica, en el momento decisivo de su ascenso al estatus de potencias mundiales. Como se ha visto, estos son el periodo y el sector en los que aparece por primera vez la investigación científica a gran escala con fines industriales y militares, determinando así el alcance y la orientación que la dimensión socioeconómica, y quizá el propio contenido científico, de la investigación pudiera tener en el futuro.<sup>681</sup> Por todos estos motivos dedicaré este capítulo a comparar las políticas científicas de guerra que se han desgranado en los capítulos 3 y 4, haciendo ahora un primer balance que me permitirá más tarde plantear con mayor claridad y precisión las conclusiones generales.

Si se compara primero la efectividad de la movilización de la química académica en ambos países, el servicio de los científicos de la KWG por un lado y del NRC por otro, se puede ponderar su capacidad respectiva para realizar una aportación significativa al curso de la guerra. Una primera impresión llevaría a concluir que la movilización alemana resultó mucho más

---

<sup>681</sup> Hacking (1998), en especial cap.6.

efectiva que la norteamericana, y ello a pesar de que estos últimos dispusieron de 31 meses de no beligerancia para aprender del ejemplo europeo. En virtud de su organización e idiosincrasia previas, de su conciencia de servicio a la nación, del consecuente modelo de organización de sus instituciones, los químicos alemanes fueron capaces de asistir con éxito a la industria en su gigantesco programa de sustitución de materias primas (especialmente el nitrógeno). Y lo hicieron tanto desde fuera (Institutos KWG, Fundación KWKW) como desde dentro de la propia industria (personal de los laboratorios industriales y su relación con consultores académicos como Haber). En contraste con ello, la movilización de los químicos estadounidenses, con un sistema de organización nacional de la ciencia más tenue y disgregado que el alemán, sin una tradición de coordinación con el gobierno federal, con las decisiones ejecutivas limitadas a iniciativas particulares y sin una conciencia mayoritaria de servicio a la nación, se reveló lenta y desorganizada. En EEUU existía ya la base de un sistema potente de investigación avanzada y orientada hacia la industria existía, pero no estaba aún coordinado y dirigido hacia las exigencias de una situación de grandes potencias en conflicto. La expansión de las plantas industriales y el inicio de los programas de diversificación, de menor calado científico que sus homólogos alemanes, se basaron fundamentalmente en el trabajo del personal propio de cada empresa. Esta comparativa proporciona un buen ejemplo de una de las tesis que se vienen sosteniendo en esta investigación, a saber, que resulta esencial la preparación científica específica para la guerra contemporánea y que, por lo tanto, de algún modo, la guerra empieza antes de la declaración de hostilidades, es un fenómeno más amplio. Según esta lección, las potencias se preocuparían en adelante por estar científica, tecnológica e industrialmente preparadas para un conflicto general, lo cual implicaba irremediablemente el establecimiento de un complejo militar-

industrial, y con ello la orientación hacia fines militares de buena parte de la investigación científica financiada directa o indirectamente por el estado.

Sin embargo, es necesario añadir algunos matices a esta afirmación. Hay que tener en cuenta la tradición aislacionista estadounidense, así como la postura contraria a la beligerancia del propio presidente Wilson hasta poco antes de la entrada en guerra. En ese contexto, el movimiento en favor de la preparación para la guerra era sólo una entre varias posturas políticas, y es comprensible que no pareciera razonable cambiar tradiciones importantes para la identidad sociopolítica del país, como lo era el tímido papel del gobierno federal en la educación y el sistema de investigación superior o la escasa asignación presupuestaria para el ejército en tiempos de paz. Con la declaración de guerra se comenzaron a movilizar estos recursos y los líderes del movimiento “preparedness” (Root, Coffin, Hale...) pudieron por fin poner en marcha sus planes de movilización, pero esto requería de un tiempo y un aprendizaje considerables: Desde su punto de vista, se habían perdido dos años. Cuando el sistema de movilización estadounidense, consonante con la tradición de la iniciativa privada a través del esquema de la *War Industries Board* (Junta de Industrias de Guerra), empezó a resultar realmente efectivo tras el invierno de 1918, la guerra estaba ya cerca de su final.<sup>682</sup> Lo mismo le sucedió, como acabamos de ver, al sector científico de la movilización: La guerra terminó cuando ese sector estaba ya plenamente organizado en Washington, tanto en la American University como en la formación de un grupo de actuación con la industria química. Lo interesante es comprender que la Gran Guerra consiguió poner en marcha este proceso de coordinación entre la ciencia, la industria y los militares estadounidenses, un proceso que difícilmente se habría podido dar en una situación de paz, teniendo en cuenta las tradiciones políticas, la mentalidad liberal, la estructura económica y el modelo organizativo del sistema de educación superior en Estados Unidos.

---

<sup>682</sup> Koistinen (1997).

Fue la guerra, la necesidad de medirse con la potencia alemana, lo que obligó a los científicos e industriales estadounidenses a tomar al enemigo como modelo e intentar adaptar al propio contexto las ventajas que para los alemanes estaba suponiendo su modelo institucional y su potencia de investigación industrial. La guerra catapultó a la industria química estadounidense hasta la capacidad de competencia directa con los alemanes; la guerra enseñó a los científicos e industriales norteamericanos cómo se debían coordinar los recursos de la nación para alcanzar el estatus de potencia mundial, tanto en la guerra como en la paz. Los beneficios económicos, el incremento exponencial de la potencia industrial y las lecciones políticas e ideológicas estarían presentes durante todo el periodo de entreguerras y disponibles para la próxima guerra. Es posible comprender esta nueva retroalimentación con el modelo alemán, que se podría calificar ya de conocimiento y emulación del enemigo, como una fase más (quizá la última) del proceso de emulación mutua con el que concluía el capítulo 1 (refiriéndome a la ejemplaridad mutua entre ambos países a la hora de construir sus sistemas educativos superiores y sus instituciones científicas). Aunque la respuesta queda fuera del alcance de esta investigación porque implicaría atender a una cronología más amplia, resulta interesante preguntarse también sobre si las peculiaridades del sistema norteamericano de movilización de la ciencia le proporcionaron una mayor proyección que el alemán a largo plazo, ya que a pesar de resultar más lento y complejo de poner en marcha, terminaría por ser capaz de articular con más profundidad y extensión los recursos de toda la nación.

Los programas de armamento químico de ambos países pueden comprenderse como un corolario del análisis que acabo de realizar, aunque en este caso el contraste entre el éxito alemán y el fracaso estadounidense resulta aún más intenso. En retrospectiva se puede comprender que Alemania estaba bien preparada para poner en marcha su programa de gases de guerra:

Contaba con personal preparado para desarrollar los aspectos científicos tanto en los laboratorios industriales como el la KWG, con la capacidad industrial necesaria para producir los materiales y, por último, con un grupo de científicos bien organizado, acostumbrado a realizar labores institucionales y de mediación entre la industria y el gobierno. Aunque no fuera de forma plenamente intencional, Alemania había preparado de facto este aspecto de la guerra antes de que comenzara. Mientras tanto en Estados Unidos, como ya se ha explicado, los meses de no beligerancia resultaron prácticamente desaprovechados en este aspecto. Después de Abril de 1917 la coordinación del programa se inició de forma lenta y un tanto dispersa, perjudicada además por un pobre entendimiento con los militares, en consonancia con el marco general de movilización de la ciencia. Cuando el programa científico arrancó definitivamente en las instalaciones de Washington y el ejército consiguió organizar un CWS efectivo, la industria química demostró no contar aún con el nivel tecnológico necesario para atender la producción de gases tóxicos. Al igual que sucedió con las plantas gubernamentales de nitrógeno sintético, las de gases de guerra fracasaron en gran medida por la pobre tradición previa de coordinación entre el gobierno, los militares y la industria. Cuando todas estos sistemas, tanto tecnológicos como institucionales, empezaban tomar forma y resultar realmente funcionales, la guerra ya había terminado. Las armas no llegaron al frente, pero las lecciones del éxito alemán y de las propias experiencias estaban sobre la mesa: Una nación con una industria química avanzada nunca estaría completamente desarmada. Y viceversa, sin una ciencia y una industria desarrolladas y organizadas a priori, una nación era vulnerable.

Por último, resta comparar el papel que las industrias químicas de ambos países representaron durante la guerra. La estructura y las capacidades de cada industria nacional respondían, antes de la guerra, a las necesidades reales o percibidas de cada nación en el contexto de una economá



librecambista. Esta situación cambió profundamente con el comienzo de las hostilidades. No creo necesario subrayar más la importancia decisiva que la industria química alemana tuvo para su país: Sin ella, Alemania habría tenido que rendirse mucho antes por la falta de materias primas, y no habría podido atender otros muchos aspectos del esfuerzo de guerra. Se puede concluir que, al igual que con los aspectos científicos, aunque no fuera de forma totalmente consciente la industria alemana estaba preparada para la guerra. Quiero dejar claro que no suscribo la “tesis Fischer”<sup>683</sup> en su versión más extrema, según la cual en este caso la guerra habría sido para Alemania una consecuencia de la organización previa. Esa organización no causó la guerra, pero una vez que ésta estalló los ámbitos de la ciencia y la industria químicas se desarrollaron del modo que se ha descrito más arriba debido a la estructura previa del sistema económico y científico alemán, a su peculiar idiosincrasia de “modernización conservadora”, dado que las naciones han de hacer la guerra como habían hecho la paz: En función de su sistema político, económico, social, militar y científico- tecnológico.

Por su parte, la industria estadounidense también atendió bien la necesidades aliadas de explosivos y materiales, siendo capaz de implementar con éxito, mediante un alarde del nivel de su ingeniería y sus recursos materiales, una espectacular ampliación de la capacidad de producción. No se tuvo que enfrentar a las mismas carencias de materias primas que su homóloga alemana: De haber sido así, su escaso nivel de desarrollo científico-tecnológico la habría hecho fracasar donde los alemanes triunfaron. Buena muestra de ello fue el fracaso a la hora de poner en marcha la fabricación de tintes y otros productos sintéticos cuyas importaciones desde Alemania habían cesado por el bloqueo. Sin embargo, y de forma análoga al caso de la movilización de la química académica, el efecto más importante de la guerra fue poner en marcha un sincero y, a la larga, eficaz esfuerzo norteamericano

---

<sup>683</sup> Fischer (1967, 1975, 1986)

por atajar su retraso respecto a Alemania. La guerra creó una situación propicia para que la industria norteamericana pasara de ser relativamente pequeña, sectorial y tecnológicamente modesta a constituirse en una potencia económica integrada, diversificada y con una inversión muy notable en investigación y desarrollo. Los elementos necesarios estaban presentes: un sistema de educación superior de primer nivel que, a semejanza del alemán, producía el personal cualificado imprescindible y un núcleo de laboratorios industriales sobre los que basar los proyectos de crecimiento. Los beneficios del comercio con los aliados, la interrupción de las importaciones alemanas y la posibilidad de acceder a las patentes del enemigo catapultaron el proceso. El modelo alemán resultó ser, una vez más, una inspiración esencial. Terminada la guerra ese proceso de desarrollo estaba aún incompleto, el nivel tecnológico de la industria americana era aún netamente inferior al de la alemana, pero una vez más, la lección estaba clara y los estadounidenses lucharían por continuar el camino iniciado, como se podrá ver en el capítulo 7.

**CONCLUSIÓN MATERIAL:**  
**LA POSGUERRA.**

Toda guerra invita a examinar su posguerra y con este ejercicio se puede comprobar que casi nunca se cumple el lugar común de que las guerras no generan más que destrucción: La Gran Guerra tuvo multitud de resultados permanentes, entre ellos algunos fundamentales para el destino posterior de la ciencia y la industria químicas. Tampoco me dejaré seducir por la tentadora analogía con la más conocida segunda posguerra mundial: La primera encuentra sus propios y específicos problemas, sus particularidades y, sobre todo, su propio contexto histórico. En esta última parte me propongo explorar las conclusiones materiales de los sucesos que he descrito y analizado hasta aquí, las consecuencias de la guerra para mis áreas de interés prioritario, la forma en que los desarrollos científicos e industriales llevados a cabo durante la guerra se consolidaron (o no) una vez terminada ésta. Cuando considero, calificándolos de “conclusión material”, los tres capítulos que siguen como parte de las conclusiones generales del ensayo, asumo que los propios sucesos de la posguerra constituyen, implícitamente, conclusiones acerca de las consecuencias de las políticas científicas puestas en práctica: Hablan de su efectividad o fracaso, de las diferencias de mentalidad entre los países a la hora de aprovechar la victoria o gestionar la derrota, de la consolidación de las expansiones acaecidas durante la guerra en sus sistemas de investigación industriales. También resulta interesante analizar la posguerra porque en ella se reanudan las relaciones internacionales interrumpidas por el conflicto, por supuesto en términos de vencedores y vencidos, lo que animará a los aliados a intentar hacerse con aquello que más envidiaban de Alemania: su conocimiento científico y tecnológico en el ámbito de la química. ¿En qué conocimiento fijaban sus objetivos y cómo intentaron hacerse con él? Plantear esta pregunta ayudará a sacar conclusiones acerca de los valores e intereses de los vencedores, acerca de cómo habían conseguido desarrollar sus propios sistemas de investigación y qué consideraban que les faltaba para

estar a la altura del alemán y, finalmente, acerca de hacia dónde consideraban que seguiría desarrollándose la industria química en los años siguientes con el fin de hacerse con un mercado antes dominado por los alemanes. Y no sólo con un mercado: Todos los beligerantes eran ya plenamente conscientes de la importancia estratégica de la industria química para la economía y la defensa nacional. Por consiguiente, tras la guerra la química se consolidó como asunto de estado, con el incremento de influencia y poder que eso conlleva. En el nuevo mundo de economías nacionales de la posguerra, y en función de su demostrada relevancia durante el conflicto, la industria química y el conocimiento que la sustentaba serían objeto de políticas de estado. La relación entre científicos, industriales, gobiernos y militares había llegado en tiempos de guerra para quedarse también en los de paz.

Como consecuencia de todo ello, este será el periodo en el que se equilibre la descompensación existente antes de la guerra entre las industrias químicas alemana y estadounidense. Y no sólo gracias a los beneficios obtenidos por la venta de explosivos, la experiencia tecnológica de la expansión de capacidad y su cada vez más fuerte estructura de investigación y desarrollo. La industria norteamericana buscó hacerse también con las claves del nivel científico alemán, para lo cual desplegó una interesante estrategia de relaciones tanto nacionales (con el gobierno y el ejército, y con la asistencia de la ciencia académica) como internacionales (con las industrias británica y alemana). Las discusiones en torno al desarme químico fueron la clave de ese aprovechamiento del éxito, la arena política en la que se dirimió la posibilidad de obligar a Alemania a que rindiera también su conocimiento químico como botín de guerra. En definitiva, el 11 de Noviembre de 1918 terminó la guerra en los frentes principales, pero continuó la guerra por decidir cómo sería la química del futuro inmediato, quién dominaría el conocimiento y los mercados, si las armas químicas habían venido para quedarse o serían deshechadas. Son los dilemas que pretendo dilucidar a continuación.

## 6 Los vencidos: La posguerra en Alemania.

“Scientia est Potentia: Las palabras de Bacon deberían animar especialmente a nuestra a nuestra oprimida patria, ya que todas las demás fuentes de poder le han sido negadas.”

Alfred Stock, 1921.<sup>684</sup>

Sobre la industria química alemana durante la posguerra se puede consultar Köhler (1990), caps. 7 y sigus., Feldmann (1990) y Hughes (1969). Johnson en Lesch (2000), pp. 15-56 se centra en la financiación de la ciencia por parte de la industria química. Sobre la ciencia académica y el destino de los institutos KWG, Schroeder-Gudehus (1972), Forman (1973 y 1974), Sánchez Ron (2007), pp. 584-614 y Szöllosi-Janze (2005). Acerca del internacionalismo científico de posguerra, Schroeder-Gudehus (1973) y Crawford en Frängsmyr (1990), pp.261 y sigus. Cuento también, una vez más, con el periodo correspondiente de los escritos y memorias de Carl Duisberg (1933, 1 y 2).

Tras la Gran guerra, y a pesar de los problemas políticos y económicos derivados de la derrota, el sistema de innovación alemán logró, aunque a duras penas, consolidar las transformaciones impulsadas por la situación anterior. Sin menospreciar el trauma que supuso la pérdida del impulso material y económico originado por el interés militar, destaca la continuidad de

---

<sup>684</sup> Alfred Stock a Hoechst, 5 Nov. 1921, en Historische Archiv 71, Wiss. Ges. KWG, KWI für Metallforschung. Citado por Johnson en Lesch (2000), p. 33.

personal, contenidos, ideas e instituciones científicas alemanas antes y después del conflicto.<sup>685</sup> A pesar del cambio de aires políticos, y quizá gracias a la sombra del *Diktat*, la humillante paz impuesta por los aliados, la idea que guiaba los proyectos de investigación y desarrollo continuó siendo una economía autosuficiente, independiente del mercado mundial de materias primas<sup>686</sup>.

En la inmediata posguerra se desmilitarizó la KWG y se vivieron horas bajas en cuanto a la financiación de la investigación básica, como indica el propio nombre de la *Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft* (Sociedad de emergencia –necesidad– para la ciencia alemana) fundada en octubre de 1920.<sup>687</sup> El principal promotor de la idea fue, de nuevo, Fritz Haber. El primer presidente de la sociedad, Friedrich Schmidt-Ott, había sido ministro de educación con el Kaiser durante la guerra.<sup>688</sup> Una vez más, la continuidad de personas, ideas y objetivos. La joven república se mostró receptivo ante la idea; cabe pensar que la guerra había revelado la importancia de la ciencia para el poder central, a pesar de que la nueva Alemania no podía pensar aún en ningún tipo de rearme. Una vez superados los confusos primeros tiempos de posguerra, los laboratorios industriales y los institutos de nuevo cuño siguieron trabajando según el modelo establecido durante la guerra. Los vencedores percibieron esta situación como un peligro: en la reunión de la *British Association for the Advancement of Science* celebrada en Septiembre de 1922, J.A. Harker señalaba que

---

<sup>685</sup> Schröder-Gudehus (1972) o Szöllosi-Janze (2005). También Johnson (1990), cap.9.

<sup>686</sup> Hughes (1969).

<sup>687</sup> Forman (1974).

<sup>688</sup> Sánchez Ron (2007), pp. 601 y sigus.

“en caso de guerra Alemania tendría asegurados los materiales básicos para una ingente producción de municiones, junto a los fertilizantes suficientes para cultivar gran parte de los alimentos que necesita”<sup>689</sup>.

Parece que los contendientes habían aprendido una valiosa lección: Una nación con industria química, mecánica y eléctrica poderosas no estaría nunca completamente desarmada. Todos sentían, además, que Alemania no estaba desmilitarizada, sentimiento al que contribuía a menudo la ambigua postura del gobierno republicano. Utilizando el KWG como ejemplo podemos comprobar como todos los institutos fundados durante y después de la guerra siguieron el modelo del Instituto de Investigación sobre el Carbón, es decir, un modelo cercano a la industria.<sup>690</sup> La escasez de materias primas en suelo alemán y el ejemplo exitoso de la síntesis del amoníaco condujo a los industriales alemanes a ver la investigación como una inversión de futuro. El éxito del programa de nitratos sintéticos, más caros que los importados, se basó en una coyuntura de bloqueo y tensión internacional. Los futuros proyectos de *Ersatz* a gran escala que imitaban ese modelo, como la síntesis de metanol a partir de monóxido de carbono o el programa de hidrogenación del carbón para sintetizar gasolinas, no tendrían éxito comercial hasta que la situación internacional volviera a tensarse, ya bajo el régimen nazi, obligando al consumo interno a recurrir a fuentes sintéticas nacionales, siempre más caras que las materias primas importadas.<sup>691</sup> La conclusión de estas vivencias fue la idea de una práctica científica enfocada hacia los resultados industriales con claro interés para una economía autárquica. Con esta idea en mente se fundaron los institutos KWG para metales no férricos (1920), fibras sintéticas

---

<sup>689</sup> Harker, J.A., Discusión on the Nitrogen Industry, en el Report of the 19th meeting, BAAS, John Murray, Londres (1923), p.420. Citado en Sánchez-Ron (2007), p. 542.

<sup>690</sup> Szölloosi-Janze (2005).

<sup>691</sup> Ambos programas de BASF (más tarde I.G. Farben), aprovechando la experiencia en catálisis industrial y reactores de alta presión ganada con el proceso Haber-Bosch. Hughes (1969).



(1920), silicatos (1926) y un segundo instituto para el carbón (1918) que colaboraría con la BASF en el proyecto de hidrogenación.<sup>692</sup> Todos los Institutos del Káiser cuya investigación estaba orientada hacia la aplicación práctica de la ciencia en la industria desarrollaron proyectos enfocados a lograr la autosuficiencia económica, asumiendo el aislamiento fáctico del mercado libre mundial y anticipando indirectamente la próxima guerra. Las ciencias sociales también se incorporaron a esta perspectiva tecnocrática de la ingeniería humana y el control social: uniendo las ciencias médicas y sociales en un marco aplicado común, en 1927 se inauguró el Instituto KWG para la Antropología y la Genética, que luego se incorporaría al programa nazi de eugenesia.<sup>693</sup> Como resultado de todo este complejo y su profunda imbricación con otras áreas de la sociedad, en fechas tan tempranas como la década de 1920 la sociedad alemana ya mostraba un alto grado de “cientifización”.<sup>694</sup> El extraordinario (para la época) presupuesto alemán dedicado a investigación y desarrollo orientados a la autosuficiencia en áreas industriales de vital importancia para el país condujo a una peligrosa dependencia del camino elegido, y finalmente a una catástrofe económica y, quizá, política, si tomamos la intensiva “cientifización” orientada hacia la autarquía como uno de los posibles factores que contribuyeron al éxito económico del nacionalsocialismo<sup>695</sup>. La estrecha conexión entre ciencia e industria química durante la guerra había hecho posible la movilización y supervivencia alemanas; en consecuencia, a ojos de industriales y burócratas este camino era la clave del éxito. Lo que quizá no advirtieron es que tal éxito se basaba en la concentración en una estrecha línea de productos en condiciones muy especiales. No consideraron detenidamente si semejante estrategia sería

---

<sup>692</sup> Sánchez Ron (2007), pp. 603 y sigs.

<sup>693</sup> Szöllosi-Janze (2001, 3), p.185 y sigus.

<sup>694</sup> Acerca del impacto de la movilización total sobre la sociedad civil alemana, R.Bessel en Chickering, Förster (2000), cap.22

<sup>695</sup> Szöllosi-Janze (2001, 3), introducción.

rentable en otras ramas de la industria y en tiempos de paz. Como consecuencia de ello, mientras las industrias alemanas llegaban a varias vías muertas basadas en el carbón y la gran escala durante los años treinta, en Estados Unidos DuPont desarrollaba sus fibras y polímeros, buscando siempre nuevos productos de consumo, nuevos procesos intermedios, nuevos materiales basados en el petróleo, rentables en un mercado abierto.<sup>696</sup>



Instituto KWG de Física, donde trabajaría Heisenberg durante la Segunda Guerra Mundial. El edificio sobrevivió a la guerra; en el solar vacío que se observa en primer plano se ubica actualmente el Instituto Max Planck para la Historia de la Ciencia.

Tras la pérdida de cualquier otro instrumento de poder o significancia en el ámbito internacional, el liderazgo científico aparecía como el último orgullo de los alemanes, orgullo herido, además, por el boicot impuesto en los organismos y congresos internacionales. Los organismos científicos y académicos alemanes no se incorporarían completamente al Consejo Internacional de Investigaciones hasta después de la Segunda Guerra Mundial.<sup>697</sup> La desoladora situación exigía un compromiso reforzado por parte del gobierno central; una vez estabilizada la hiperinflación, este compromiso se materializó en el apoyo económico a la *Notgemeinschaft* (más

---

<sup>696</sup> Hughes (1969) (caso alemán) y Taylor, Sudnik (1984) (DuPont).

<sup>697</sup> Schröder-Gudehus (1973).

tarde rebautizada como *Deutsche Forschungsgemeinschaft*, Sociedad Alemana de Investigación), organismo que representó una renovación vital del panorama institucional alemán<sup>698</sup>. La sociedad estaba dedicada a la promoción y recaudación de fondos para la ciencia básica. Tomando como modelo fundaciones filantrópicas americanas, tales como la Carnegie o la Rockefeller<sup>699</sup> (de las que también recibió cuantiosas ayudas económicas), la *Notgemeninschaft* becaba a particulares para proyectos de investigación, viajes o adquisición de bibliografía. Nunca dejó de ser una institución académica con alto grado de autogobierno, y aunque no se pensó oficialmente en ella como en una agencia estatal que dirigiese la investigación nacional, se aproximó, de hecho, a ejercer tal función. Una vez superada la inflación propuso al gobierno ambiciosos programas de investigación en medicina y ciencia de materiales. El sistema empleado para el reparto de fondos fue una de las principales novedades que el alto nivel de autogobierno permitió poner en práctica: se recurrió a comités de expertos que evaluaban los proyectos presentados según su interés científico.<sup>700</sup> Este sistema de arbitraje, común en la actualidad, no se empleó de forma normalizada en el resto de países científicamente avanzados hasta después de la Segunda Guerra Mundial.<sup>701</sup>

---

<sup>698</sup> Schröder-Gudehus (1972) o Forman (1974). Para un enfoque comparativo con las instituciones guillerminas, Szöllosi-Janze (2005).

<sup>699</sup> Sánchez Ron (2007), pp. 607 y sigus.

<sup>700</sup> Schroeder-Gudehus (1972).

<sup>701</sup> Sánchez Ron (2007), p.607.



Planck hablando desde la tribuna de la Harnack-Haus con motivo del 25 aniversario de la sociedad KWG, Berlín-Dahlem 1936.

En cuanto a la participación de capital privado, la industria no sufrió los efectos de la crisis tan profundamente como el ámbito financiero; la propia inflación proporcionó a las manufacturas alemanas un mercado interior protegido y una posición ventajosa en el mercado internacional. Además, la vertiginosa devaluación de los salarios fomentaba el interés por el consumo, que permitía transformar rápidamente una moneda sin valor en bienes tangibles<sup>702</sup>. A pesar de la relativa prosperidad que les trajo posguerra, los industriales prefirieron no invertir en proyectos ajenos, y mantuvieron sus propios programas de investigación en busca de patentes provechosas, o favorecieron la creación de fundaciones promocionales en las que controlaran directamente los fondos. El ejemplo más destacable de este tipo de fundación fue la *Helmholtz Gesellschaft zur Förderung der physikalisch-technische Forschung* (HG, Sociedad Helmholtz para el apoyo de la investigación físico-técnica), sufragada principalmente por los gigantes del carbón, el acero y la electricidad. El principal objetivo de la HG fue el apoyo económico a los institutos físicos de las *Technische Hochschulen*. Sin embargo, tras una espectacular recaudación inicial, el interés de los inversores decayó, la política

---

<sup>702</sup> Sigo a Sánchez-Ron (2007), pp. 597 y sigus. y 603. y sigus.

monetaria de la fundación resultó bastante torpe y, en consecuencia, el éxito del proyecto fue escaso.

Atendiendo exclusivamente a la industria química, además de mantener sus propios programas de investigación y desarrollo, ésta financió también fundaciones análogas a la *Helmholtz*, como la *Justus Liebig Gesellschaft*.<sup>703</sup> Resulta interesante considerar la claridad con la que Carl Duisberg había previsto la necesidad de subsidios masivos para la química de posguerra, incluso en el caso de que Alemania saliera victoriosa del trance. En sus memorandos había anticipado la inflación alemana y la cada vez más intensa competencia por los mercados mundiales a causa del desarrollo industrial de los aliados durante la guerra, especialmente el despegue americano con sus vastos recursos naturales y financieros.<sup>704</sup> Aunque esta última amenaza se utilizó en parte por motivos retóricos con el fin de atraer contribuciones, tal y como se había hecho antes de la guerra para atraer contribuyentes a la KWG, los alemanes ya habían podido comprobar cuán lejos estaban dispuestos a llegar sus competidores americanos mediante la confiscación de patentes y propiedades alemanas.<sup>705</sup>

En general, las grandes compañías dejaron de invertir en proyectos abiertos como la *Notgemeinschaft*, que no prometía un beneficio económico claro a corto o medio plazo<sup>706</sup>. A medida que la economía se estabilizaba y los beneficios de guerra se consumían durante el otoño de 1923, para las industrias alemanas resultaba cada vez más duro hacer nuevo dinero; los grupos de fondos industriales modificaban sus estrategias y recortaban los subsidios. De este modo, la responsabilidad de financiar la investigación básica recayó sobre los hombros del gobierno republicano, que llegó a

---

<sup>703</sup> Johnson en Lesch (2000), pp. 25 y sigus.

<sup>704</sup> Duisberg (1933, 1) 1920, BAL 46/9.1 (n.148), Kaiser Wilhelm Gesellschaft.

<sup>705</sup> Steen en Lesch (2000), p.323 y sigus.

<sup>706</sup> Feldmann (1990).

soportar hasta el 95% del presupuesto de la sociedad de emergencia. Sin que las industrias basadas en la ciencia perdieran capacidad de innovación, el papel del gobierno central y los Länder en el apoyo de la investigación se hizo más importante que en los tiempos del Imperio, cuando éste se limitaba a favorecer las donaciones y soportar sólo una parte del presupuesto. En el caso de la KWG, desde 1921 parte de su presupuesto se cargaba a los ministerios de interior y defensa, conservando las tradiciones adquiridas en tiempos de guerra.<sup>707</sup>

A pesar del cambio político, instituciones como la *Notgemeinschaft* o la KWG continuaban funcionando a través de los mismos “institutos invisibles”. Von Harnack, Duisberg, Haber y otros firmantes del “Manifiesto de los 93” continuaron siendo los actores principales de la ciencia alemana y de sus relaciones con el estado. Como buena parte de la sociedad, estos “mandarines” nunca vieron con buenos ojos el joven y débil gobierno democrático. Ideológicamente, la mayor parte de los profesores alemanes se sentían próximos al *Deutsche Volkspartei* que mantenía posturas conservadoras y nacionalistas nostálgicas del imperio, y había votado en contra de la Constitución de Weimar<sup>708</sup>. La actitud de esa mayoría se debía no sólo a los problemas económicos a los que se enfrentaban, sino a que veían en la República el final del estado fuertemente jerarquizado y burocratizado en el que estaban acostumbrados a moverse. No hay que olvidar que gran parte de los alemanes despreciaban una democracia que vino con la derrota, firmó la humillante paz de Versalles y, de cara al tema que nos ocupa, rebajó las exigencias para entrar en la universidad y aceptó, sin consultar con los científicos implicados, la vejatoria oferta de admisión que les hizo el Comité Intencional de Investigaciones en 1926.<sup>709</sup> La propuesta no anulaba las

---

<sup>707</sup> Schroeder Gudehus (1972) o Forman (1974).

<sup>708</sup> Ringer (1969).

<sup>709</sup> Forman (1973) y Schröder-Gudehus (1973).

razones originales de la exclusión, no aceptaba el alemán como idioma oficial para los congresos ni asignaba a Alemania y Austria una proporción adecuada de representantes en los puestos representativos del consejo. Paradójicamente, el nuevo modo de distribuir el dinero público entre instituciones dotadas de una gran independencia administrativa contribuyó a extender la sensación de que el gobierno era débil, reflejando un distanciamiento consciente del estado democrático que finalmente privó al mismo del control sobre la investigación que financiaba. Siguiendo las costumbres adquiridas en otras épocas, la *Notgemeinschaft* lideró la transición de una situación de crisis hasta la promoción, de nuevo, de proyectos de investigación de largo alcance que coordinaban diversas disciplinas e instituciones. De 1925 en adelante concentró gran parte de sus esfuerzos en el desarrollo de proyectos que apoyaran explícitamente a la economía nacional, yendo más allá del mundo académico y creando mecanismos de cooperación interdisciplinar con la idea explícita de que el apoyo a la ciencia aplicada ayudaría a Alemania a recobrar su puesto en los mercados mundiales y la competencia internacional<sup>710</sup>. Si se mira tan sólo un poco más allá, se podrá ver que la KWG conservó su nicho privilegiado durante el nacionalsocialismo, duplicando su presupuesto año tras año hasta 1939 y llegando a alcanzar cotas inimaginables durante la Segunda Guerra Mundial<sup>711</sup>.

---

<sup>710</sup> Feldmann (1990).

<sup>711</sup> Szöllösi-Janze (2005).

## 7 Los vencedores: La Industria química estadounidense de posguerra.

“Ruego una consideración especial para los fabricantes americanos de tintes y productos relacionados, dada la estrecha relación entre los tintes y los gases venenosos, que otorga a esta industria un excepcional valor y significado para la nación.”

Presidente W. Wilson, 1919.<sup>712</sup>

De entrada, para situar el contexto de la dualidad admiración/ rivalidad entre las dos naciones protagonistas de este ensayo, en Berg (1963) se puede encontrar una interesante perspectiva sobre la imagen alemana de norteamérica en los años veinte. En la misma línea, Trommler, McVeigh (1985) contiene varios capítulos interesantes (propongo 2, 14-16 y 24). Continuaré utilizando el extensísimo Haynes (1954), esta vez vol.III, caps.18, 27 y 28 y vol.IV, caps. 1 a 4. También Haber (1971), cap.9 y Chandler (1969). Para una revisión coetánea del valor de la investigación científica en la industria americana de posguerra, Weidlein (1931). En lo que se refiere específicamente a DuPont, de nuevo Taylor y Sudnik (1984) para la gestión empresarial en los caps.6 a 9, y Hounshell y Smith (1988) para la investigación industrial en los caps.4, 5 y 10, son los estudios más completos. Burk (1990) dedica su estudio a la influencia de DuPont en la política interior americana; a nuestro periodo de posguerra corresponden los caps. 1 a 3. Respecto a la

---

<sup>712</sup> Mensaje al Congreso, 20 de Mayo de 1919, *A Compilation of the Messages and Papers of the Presidents*, vol. XVIII, Bureau of National Literature, New York (1920). La traducción es nuestra.



importante relación entre DuPont y General Motors, Cheape (1995). Se pueden encontrar ecos de la primera posguerra en el informe de la propia DuPont acerca de su participación en la Segunda Guerra Mundial: DuPont Co. (1946). Sobre los beneficios económicos obtenidos por las compañías estadounidenses durante la guerra, Kaufman (1972). Finalmente, conviene hojear la legislación estadounidense sobre patentes en Vaughan (1956).

En apartados anteriores he descrito la pequeña escala, la mentalidad local de la investigación en Estados Unidos, tanto en el ámbito privado como en el público (con excepción de la Navy), antes de la Gran Guerra, en correspondencia con la auto-percepción insular de América. El conflicto hizo cambiar esta situación sobre todo en la esfera privada, actuando la *War Industries Board* (WIB) como correa de transmisión de esta nueva “gran mentalidad” hacia la esfera pública, hasta el punto de que el propio significado y alcance del Gobierno Federal cambiaría completamente en los años de entreguerras.<sup>713</sup> En 1919 grandes compañías como DuPont o Standard Oil, que habían crecido en tamaño y poder con sus negocios en tiempos de guerra, profesaban ya los valores y el comportamiento propios de una gran potencia, valores que el resto del país sólo alcanzaría plenamente con la Segunda Guerra Mundial. La traducción de esta nueva gran escala, “gran mentalidad” a la investigación industrial se realizó, como no podía ser de otro modo, teniendo muy presentes las lecciones de la Guerra y atendiendo al ejemplo alemán, en relación constante (aunque siempre problemática) con la industria alemana. En lo que sigue veremos como el Nylon, el Neopreno, el Tetraetilplomo, el caucho... son hijos de la Primera Guerra Mundial y no herramientas “pensadas para” la Segunda, como podríamos intuir cayendo de forma errónea en una historia anticipativa.

---

<sup>713</sup> Koistinen (1997), caps. 11-13 y (1998), cap.3.

Atenderemos al verdadero despegue la I+D en DuPont, la empresa mejor preparada para liderar el salto tecnológico de la industria química estadounidense, y a su abordaje del negocio de los colorantes y el nitrógeno, la base de toda la química orgánica industrial de entreguerras, siguiendo los caminos que ya había recorrido la industria alemana, que continuó siendo el referente de los norteamericanos. Para ello no bastó con las capacidades internas implementadas durante la guerra: Los gestores de Delaware tuvieron que hacer valer su papel de vencedores, intentando hacerse con el conocimiento de los vencidos por todos los medios a su alcance, tanto económicos como políticos. La política científica se convertía en la continuación de la guerra por otros medios, con el objetivo de igualar a la derrotada Alemania en ese sector estratégico en el que se había convertido la química.

Entre 1914 y 1918 DuPont pasó de ser una compañía que fabricaba explosivos a transformarse en una industria química diversificada con 230 millones de dólares de facturación y 17 de beneficios netos. A diferencia de otras compañías emergentes del sector como Allied Chemical o Union Carbide, que crecieron apoyándose en fusiones, deuda o ampliaciones de capital, la familia DuPont mantuvo siempre el control de la empresa utilizando los beneficios procedentes de la venta de explosivos a los aliados, lo cual permitió un proceso de organización y toma de decisiones más simple y directo en los años de posguerra. En 1919 la presidencia del consejo pasó a manos del hermano menor, Iréneé DuPont, educado en el MIT, apasionado de la tecnología y director del departamento de desarrollo durante el programa de diversificación de 1908 a 1912. Como presidente de DuPont, Iréneé se demostró un duro “lobbista” en favor de los aranceles que protegieran la industria americana, consciente de la nueva dimensión

internacional de la industria química, además de renovar el énfasis de la compañía en la innovación tecnológica.<sup>714</sup>

En sus primeros ejercicios como presidente, Irénéé tuvo que enfrentar la crisis de posguerra y las consecuencias prácticas de trasladar la diversificación de productos al mercado: dificultades técnicas y exceso de costes en la fabricación de tintes, problemas de distribución en el comercio al por menor de pinturas y plásticos... Las dificultades llegaron al punto de hacer peligrar la estrategia de diversificación y forzar una reorganización de la compañía en función de líneas de producto. A largo plazo, diversificación y reorganización demostraron su valía: los beneficios se recuperaron a lo largo de los años veinte e incluso permitieron a DuPont resistir bien la gran crisis de los treinta. En septiembre de 1921 el comité ejecutivo formalizó una estructura de gestión en múltiples divisiones descentralizadas, con departamentos de explosivos, tintes, plásticos de celuloide, pinturas y productos de celulosa. El departamento central de ingeniería, sin embargo, permaneció intacto en reconocimiento a sus logros durante la Guerra. Cada uno de estos departamentos funcionaba como una pequeña compañía independiente y gestionaba sus propias actividades de investigación. El departamento de química se repartía por lo tanto entre las divisiones según líneas de producto: dado que los miembros del comité percibieron que su trabajo se estaba alejando en exceso de las necesidades de cada negocio, pretendían así someter la investigación a las necesidades más inmediatas de resultados prácticos.<sup>715</sup> El espectro de negocios de DuPont era mucho mayor en 1919 que en 1911, cuando Reese había asumido el control del entonces nuevo departamento de química. Coordinar la investigación implicaba ahora trabajar con cinco laboratorios geográficamente dispersos: Eastern Laboratory (1902), Gibbstown, NJ; Experimental Station (1903), Wilmington,

---

<sup>714</sup> Taylor, Sudnik (1984), pp.75-76.

<sup>715</sup> Hounshell, Smith (1988), cap.4.

Del; Jackson Laboratory (1917), Deepwater, N.J.; Delta Laboratory (1917), Arlington, N.J.; Redpath Laboratory (1919), Parlin, N.J, además de un amplio abanico de productos que incluía pólvora, dinamita, plásticos, películas, lacas y tintes.<sup>716</sup> Tan sólo el gran trabajo que suponía desarrollar desde cero la línea de tintes ya superaba las capacidades y habilidades del departamento. Éste creció tanto y bajo tanta presión a partir de 1915, que Reese y sus colaboradores tuvieron que considerar constantemente los problemas de organización de la investigación a medida que se expandían en instalaciones y personal: El Chemical Department contaba con 95 asalariados en 1914; 160 en 1915; 200 en 1916; 395 en 1917; 475 en 1918 y 652 en 1919.<sup>717</sup> El proceso de centralización de la investigación, que había sido para Reese y el comité ejecutivo la mejor forma de lidiar con los esfuerzos de guerra y diversificación, parecía perjudicar ahora la prosecución de un programa de investigación sensible a las inmediatas necesidades de negocio de la compañía. Las dificultades que el *Chemical Department* experimentaba para trasladar el trabajo de laboratorio a los productos comerciales provenía, según el análisis de los propios gestores del departamento, de problemas técnicos, deficiencias de gestión, la escasa experiencia del personal cualificado y la expansión excesivamente acelerada durante los años de guerra. Reese y sus colaboradores decidieron que la clave para mejorar las relaciones con las áreas de fabricación y comercialización residía en prestar más atención a los prototipos y plantas de prueba a escala (*semiworks*), especialmente en la línea de tintes, en la que se habían cometido grandes errores bajo la presión de la

---

<sup>716</sup> *Ibid*, p. 634.

<sup>717</sup> Charles L. Reese en su informe semi-anual de Junio de 1920, Records of the E.I. DuPont de Nemours & Co., Central Research and Development Dept., Hagley Museum & Library, Willmington (Delaware).

expansión bélica, construyendo plantas a gran escala incluso antes de que el trabajo de laboratorio sobre el proceso estuviera terminado<sup>718</sup>.

Se decidió por lo tanto repartir el *Chemical Department* entre las divisiones industriales, con excepción de un pequeño núcleo central encargado de redactar informes generales y afrontar las necesidades imprevistas de alguna investigación básica. Según el memorando del propio comité ejecutivo,

“La investigación y el control químico de las actuales operaciones de producción es una de las más importantes fases de la gestión. De hecho, la mejora de nuestros productos a través de la investigación y el mantenimiento de altos rendimientos gracias al control químico profesional son tan vitales para nuestra industria como para constituir el factor decisivo en determinar el éxito o el fracaso... Los directores de cada división industrial no pueden ser privados del control efectivo de actividades esenciales para su departamento.”<sup>719</sup>

El comité reconocía las ventajas de una investigación centralizada tal y como las había expresado Reese originalmente: coordinación, evitar duplicidades, resultados de interés para más de un departamento, contacto fluido y coherente con consultores externos... Pero concluía que ahora resultaba más necesario estrechar lazos entre la investigación y la producción, que el compromiso del personal científico con el éxito del negocio debía ser más fuerte, y su dedicación menos académica. Finalmente, en diciembre de 1921 casi todo el personal del *Chemical Department* fue transferido a sus respectivas divisiones industriales. Tan solo 21 empleados permanecieron en el nuevo Departamento Químico Central, con un presupuesto de

---

<sup>718</sup> Para una detallada descripción de las discusiones internas acerca del modelo de organización de la investigación en el periodo de la inmediata posguerra consultar Chandler (1969) o Hounshell, Smith (1988), pp.107 y sigs.

<sup>719</sup> Comité ejecutivo del 14 de octubre de 1921, *EC Minutes*, E.I. DuPont de Nemours Company Records, Wullmington, Delaware.

investigación de 322.000\$ para 1922 (muy lejos de los 3 millones manejados en 1920).<sup>720</sup>

Otras compañías norteamericanas imitaron a DuPont en su estrategia de diversificación: American Cyanamid se expandió en las áreas de orgánicos, plásticos y tintes adquiriendo antiguas instalaciones alemanas de Söller & Metz. Union Carbide inició una línea de investigación en orgánicos en conjunción con el Mellon Institute de Pittsburg. La única de las grandes químicas estadounidenses que no optó por diversificar su producción, concentrándose exclusivamente en aumentar su capacidad de síntesis de amoníaco, fue Allied Chemical; durante la gran depresión sufriría por su incapacidad para sustentar la necesaria diversificación sobre un fuerte departamento de investigación.<sup>721</sup>

Volviendo a DuPont, ya en 1921 retomó también plenamente su estrategia de entrar en nuevos mercados por adquisición de compañías más pequeñas y patentes de productos y procesos, estrategia que llevaría a estrechar lazos con compañías extranjeras y automovilísticas (General Motors, pinturas, plásticos, aditivos para combustibles...). Con todas estas nuevas líneas, la compañía desarrolló procedimientos regulares para entrar, explotar y proteger mercados basados en métodos que fueron surgiendo en el Departamento de Desarrollo durante el período bélico: identificar al principal innovador tecnológico en un campo, adquirir las patentes y los derechos de asistencia técnica para el desarrollo del proceso y, en última instancia, adquirir la compañía (siempre que esto no le provocara problemas con las leyes anti-trust). Para la distribución y ventas de los nuevos productos, DuPont adoptó

---

<sup>720</sup> Comité ejecutivo del 4 de enero de 1922, *EC Minutes*, E.I. DuPont de Nemours Company Records, Wullmington, Delaware.

<sup>721</sup> Haynes (1954), vol.IV, cap.2.

la práctica alemana de contratar graduados universitarios en ciencias que pudieran entender a la perfección los detalles técnicos.<sup>722</sup>

Por lo tanto, la posición dominante de DuPont entre las grandes industrias químicas mundiales a finales de los años veinte resultaba, en gran medida, de sus enormes recursos financieros acumulados durante la Gran Guerra, que le permitieron el tipo de control de mercado que acabamos de explicar, más que de su liderazgo científico o tecnológico. El talento del departamento de desarrollo radicaba aún, sobre todo, en la organización y explotación de la tecnología adquirida. Entre las más importantes de estas adquisiciones destaca la de Grasselli Chemical Co. en 1928. Grasselli producía químicos pesados, fertilizantes, explosivos y también tintes gracias a las patentes de Bayer que había adquirido durante la Guerra, tras la confiscación del Gobierno Federal. En 1925 Grasselli se vio obligada a devolver los derechos de venta en América de estos tintes a General Dyestuffs Co., la nueva subsidiaria de I.G. Farben para Estados Unidos, lo cual hizo que DuPont no pudiera adquirir esta parte de la compañía como consecuencia de sus intrincadas relaciones con el gigante alemán (que veremos más abajo).<sup>723</sup>

Destaca también su penetración, más gradual y planificada, en la industria del caucho sintético a través de U.S. Rubber.<sup>724</sup> Este sector estaba en plena expansión a principios de los veinte como consecuencia de los altos precios del caucho natural (controlado por un cártel británico) y el “boom” de la industria automovilística. A través de U.S. Rubber, DuPont emprendió su línea de investigación y desarrollo en caucho sintético y neopreno que tan importante resultaría en los años treinta, década en la que la estrategia de expansión por adquisición de tecnologías comenzó a declinar en favor de las propias capacidades de investigación internas. El responsable de este retorno

---

<sup>722</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.86 y sigus.

<sup>723</sup> *Ibid.* p.87.

<sup>724</sup> Hall (1954), cap.9

a la investigación básica centralizada a lo largo de la segunda mitad de la década de los años veinte sería el químico Charles M.A. Stine, sucesor de Reese al frente del Departamento Central de Química en 1924 y una especie de Duisberg a la americana. Stine fue convenciendo gradualmente al comité ejecutivo de la necesidad de una investigación con miras al largo plazo, desligada de objetivos comerciales inmediatos. Para una relación más detallada de la biografía profesional de Stine y su labor la frente de la investigación básica en DuPont, que por desgracia excede el marco cronológico de este trabajo, se puede consultar Hounshell, Smith, (1988), caps. 5, 12 y 15. Presenta especial interés al respecto el memorando titulado “Pure Science Work”, que Stine dirige al comité ejecutivo el 18 de diciembre de 1926.<sup>725</sup> En el cap. 15, Hounshell y Smith explican las prácticas y principios sobre los que se asentaba la organización de la investigación en esta etapa; lo que leemos nos recuerda mucho a aquello que Duisberg proponía más de 25 años antes en Alemania. Los propios directores de DuPont citaban a Emil Fischer y el KWG como ejemplo de organización.<sup>726</sup> El nuevo director de investigación tuvo la capacidad de percibir que muchos de los negocios de DuPont descansaban sobre una base científica común y consiguió focalizar el trabajo del Departamento Central de Química en esa base, con la esperanza de que la investigación fundamental proporcionaría a la compañía más oportunidades para la capacidad de innovación a largo plazo. Como resultado de su perspectiva comenzó en 1927 la investigación fundamental de DuPont en polímeros: Una línea que culminaría en los apoteósicos éxitos del Neopreno y el Nylon a finales de los treinta, en conjunción con el desarrollo de un sistema de tecnologías completamente nuevo en torno a la catálisis de altas presiones, apoyándose en una ingeniería desarrollada por graduados del MIT que seguían los modelos alemanes editados durante la Gran Guerra. En

---

<sup>725</sup> Hounshell, Smith (1988), pp.223 y sigus.

<sup>726</sup> *Ibid.* (1988), p.306.



los informes internos de la compañía podemos percibir como alrededor de 1930 los directores y gestores empezaban a utilizar los términos “investigación y desarrollo” siempre ligados, como un único concepto.<sup>727</sup>

Basándose en su nueva estructura descentralizada, en 1931 DuPont tenía en marcha diez divisiones industriales que producían explosivos, plásticos, tintes, intermedios orgánicos, aditivos para combustibles, pinturas, filmes, productos pesados, amoníaco, productos electroquímicos y fotográficos. Los departamentos de investigación de cada división se encargaban de conectar la ciencia y la tecnología emergentes con un mercado de consumo en rápido crecimiento. Y es que, en los años veinte, la tecnología química avanzaba tan deprisa gracias a los desarrollos y capitales acumulados durante la guerra, que DuPont tenía que seleccionar cuidadosamente qué líneas adoptar y cuáles descartar para sus empresas comerciales, más que emprender nuevos caminos desde la investigación básica. El potencial de crecimiento de la nueva química de posguerra no podía ser aprovechado simplemente mediante la venta de productos básicos: nuevos y sofisticados productos tenían que ser desarrollados e integrados en las redes de fabricación y comercialización existentes. Para afrontar esta situación DuPont se centró su estrategia de innovación del momento en desarrollar materiales avanzados a partir de materias primas y venderlos a los fabricantes que los transformarían en bienes de consumo. Esta estrategia implicaba un extenso y eficiente servicio técnico, capaz de educar a los fabricantes finales en la utilización de los nuevos materiales. Aunque este tipo de trabajo no se considera habitualmente I+D, crear demanda para los resultados de la I+D era una parte esencial de la estrategia de innovación de DuPont.<sup>728</sup>

Con perspectiva podemos observar cómo las estrategias de organización y gestión de la I+D en DuPont se fueron optimizando según la circunstancia.

---

<sup>727</sup> *Ibid.* cap.15.

<sup>728</sup> *Ibid.*, Part II – Introducción.

No existe un modelo de gestión de la investigación definitivo y absoluto, sino más bien alternativas que deben ser flexibles y adaptables a las necesidades de cada momento: Adquisición y explotación de tecnologías iniciadas durante la guerra entre 1918 y el tercer cuarto de la década de los veinte (descentralización y énfasis en el desarrollo) frente al abordaje de nuevas tecnologías a partir de entonces y a lo largo de los años treinta (centralización y énfasis en la investigación básica). Cabe preguntarse aquí, además, por qué hablamos tanto de gestión cuando hablamos de investigación industrial. La respuesta sería que la innovación tecnológica implica necesariamente innovación en la gestión y viceversa: Aquellas empresas incapaces de ajustar mutuamente estos dos factores de forma continua, fracasan. A su vez, los modelos de gestión empresarial (no sólo de la investigación industrial) se han visto notablemente influenciados por la organización militar ya desde el siglo XVIII, pero de forma especialmente intensa a partir de la Primera Guerra Mundial. La cada vez más estrecha relación entre grandes industrias y el estamento militar forzada por la creciente complejidad de la tecnología propició un irreversible y fructífero intercambio de prácticas y valores como el control exhaustivo, la uniformidad, la estandarización, la producción en masa,... No olvidemos que el propio Lamot DuPont I organizó los controles de calidad y producción de sus explosivos según los estándares del ejército a partir de 1872<sup>729</sup>.

Mientras tanto, en el escenario europeo, la tendencia iniciada por la Guerra consolidaba los procesos de concentración de grandes empresas en integración vertical. Como resultado de las demandas impuestas por los diversos gobiernos beligerantes a sus respectivas industrias, la Guerra propició un aumento sin precedentes en la producción, animando la

---

<sup>729</sup> Ver Wilkinson (1965). Para la influencia de los valores militares en la organización industrial general, consultar Smith, M.R. (1987) y Kaempffert (1941).

coordinación entre empresas a todos los niveles. En Alemania, la gran alianza de Guerra culminó en la formación de I.G. Farben en 1925-6. En 1924 las empresas alemanas apenas habían recuperado un 50% de sus mercados de exportación y Carl Bosch, impresionado por su reciente viaje a Estados Unidos, donde había podido observar las operaciones integradas de DuPont o Std.Oil, puso todo su empeño en acelerar la fusión. Para entonces muchos industriales alemanes citaban la “racionalización” de las compañías americanas como modelo a seguir para sobrevivir en el nuevo mundo de las economías de escala y las grandes inversiones. Confiando en su superioridad tecnológica, los alemanes se ganaron una fama de duros negociadores en el escenario internacional de los veinte, pero estaban más interesados que nadie en estabilizar el mercado, pues la crisis de posguerra hacía peligrar sus ambiciosos planes de expansión en productos sintéticos. En Gran Bretaña sucedía algo parecido con Imperial Chemical y la fusión de Nobel con Brunner-Mond; en Italia Montecatini se hacía poco a poco con el resto de compañías importantes. Estos nuevos gigantes, cual estados con relaciones problemáticas, tuvieron que aprender a practicar una “política exterior” para acordar el reparto de los mercados, los intercambios tecnológicos y las inversiones cruzadas. Las compañías alemanas estaban lógicamente interesadas en recuperar su posición dominante anterior a la Guerra, pero tuvieron que adaptarse a negociar debido al desarrollo de sus contrapartes que el conflicto había permitido en los países aliados.<sup>730</sup>

El proceder de DuPont en este complejo escenario internacional de posguerra fue un tanto ambiguo. La compañía de Delaware, limitada siempre por las leyes anti-trust norteamericanas, había evitado siempre las inversiones en el extranjero, con excepción de los campos de nitratos en Chile que aseguraban el suministro para la fabricación de explosivos. El objetivo principal en la posguerra continuó siendo la protección del mercado

---

<sup>730</sup> Taylor, Sudnik (1984), cap.7.

doméstico, si bien con un interés creciente en la adquisición de tecnología extranjera. Por otro lado, DuPont se volcó en asegurar el instrumento tradicional de los industriales americanos para prevenir la penetración extranjera: aranceles que bloquearan la competencia en las nuevas y aún precarias líneas de productos, como los tintes. Así, entre 1919 y 1922 los “lobbistas” de DuPont (junto con el resto de la industria química norteamericana) consiguieron establecer un sistema de tarifas sobre importaciones que perduraría cuarenta años. Al mismo tiempo, se establecieron relaciones con empresas extranjeras con el objetivo de adquirir nuevas tecnologías y participar en el reparto informal del mercado mundial.<sup>731</sup>

El objetivo de adquirir nuevas tecnologías primó así en los contactos entre DuPont y las compañías alemanas (más tarde I.G. Farben). Los norteamericanos eran conscientes de su retraso en áreas cruciales y confiaban en los aranceles para forzar las negociaciones de intercambio tecnológico. Como vimos, DuPont había iniciado su trabajo con compuestos orgánicos en 1916 mediante su acuerdo con Levinstein y la construcción de una gran planta de tintes en Deepwater (Nueva Jersey) bajo la dirección de Lammot DuPont. Pronto quedó claro que las dificultades técnicas eran excesivas a corto plazo, sin apoyo externo. La recesión de posguerra afectó de forma severa a la investigación en tintes: a mediados de 1920 se recortó el número de químicos y técnicos empleados en el Laboratorio Jackson de 565 a 217, comprometiendo gravemente el objetivo de alcanzar los estándares alemanes en la fabricación de colorantes<sup>732</sup>.

Con la entrada de Estados Unidos en la Guerra en abril de 1917 el Congreso aprobó una “ley de comercio con el enemigo” que establecía una

---

<sup>731</sup> *Ibid.* Cap.8.

<sup>732</sup> Hounshell, Smith (1988), p. 89.

custodia de las propiedades de empresas de países enemigos potencialmente valiosas para el esfuerzo de guerra.<sup>733</sup> A principios de 1918 el director de la oficina encargada de la custodia, A. Mitchell Palmer, respaldado por el American Dye Institute (el grupo de presión creado por la industria química con este fin) consiguió la autorización para disponer de estas propiedades incluso más allá de la firma de un armisticio. Las propiedades físicas e intelectuales de las empresas químicas alemanas en Estados Unidos eran uno de los objetivos principales de dicha disposición. Palmer argumentaba que las patentes eran el arma que los alemanes esgrimirían para retomar el control del mercado americano tras la guerra. Finalmente consiguió que el Congreso bloqueara temporalmente, tras el armisticio de noviembre de 1918, el retorno de las patentes a sus propietarios alemanes<sup>734</sup>. En enero de 1919 los especialistas de DuPont en tintes, Poucher, Protto (antiguo agente de ventas de BASF en Norteamérica) y Laffey se reunieron con el nuevo Custodio de la Propiedad, Francis Garvan, autor intelectual de la política de “americanización” de patentes. Acordaron establecer una “organización sin ánimo de lucro”, la Chemical Foundation Inc., financiada por el American Dye Institute, que se convirtiera en depositaria de las patentes alemanas para licenciarlas de forma no exclusiva a compañías estadounidenses “libres de influencias alemanas”. El asunto de las patentes se complicó pronto con las negociaciones que estaban teniendo lugar en Versalles: siendo uno de los objetivos fundamentales del tratado la prevención de una nueva agresión alemana, el potencial de la industria y el control de las armas químicas era objeto prioritario de atención para los aliados. La decisión de imponer una total prohibición a Alemania de los medios de fabricación y uso de agentes

---

<sup>733</sup> El tema de la confiscación de patentes alemanas y la posterior lucha legal por retenerlas se analiza en Haynes (1954), vol.III, cap. 18; Taylor, Sudnik (1984), cap.8; Steen en Lesch (2000), pp. 323-346 y en Brown (1968), cap.2. Lo que sigue es un resumen de estas lecturas acorde con la perspectiva de este ensayo.

<sup>734</sup> Taylor, Sudnik (1984), p. 107.

tóxicos con fines militares fue unánime; sin embargo, el problema de acabar con la superioridad industrial de los germanos era más controvertido (recordemos la idea según la cual “una nación con industria química avanzada no está nunca desarmada”). En abril de 1919 la delegación británica presentó una propuesta por la cual se requería “poner a disposición de los aliados todos los procesos químicos, incluyendo los planos de las fábricas, instrucciones de fabricación e informes de investigación utilizados durante la guerra.”<sup>735</sup> Aunque los británicos argumentaban su propuesta en términos de seguridad militar, su ejecución indudablemente implicaría una evidente ventaja comercial para los aliados en el mercado químico de posguerra, por lo que el Presidente Wilson se opuso de entrada a aceptarla. Inmediatamente la Chemical Foundation inició una campaña de presión para que la delegación americana cambiara de postura y la propuesta fuera aceptada en los términos abogados por los británicos. Merece la pena citar al respecto el telegrama enviado por Garvan a su contacto en la delegación estadounidense en Versalles:

“Explicar al Presidente los objetivos de la Chemical Foundation y que no debe de quedar ninguna posibilidad de que se perjudique a la industria sobre la que descansa, primero, nuestra defensa ante una futura agresión alemana con explosivos o agentes químicos; segundo, quinientos millones invertidos en la industria de tintes; tercero, la independencia de todas las industrias americanas que dependen de la química; cuarto, la destrucción del sistema de espionaje de los representantes de las firmas alemanas en América; quinto, el desarrollo general de la química sobre el que se apoya toda la industria avanzada; y sexto, el futuro de la medicina química en América. En otras palabras, hay que negar a Alemania el uso destructivo de la ciencia

---

<sup>735</sup> U.S. Department of State, *The Paris Peace Conference*, cap.IV, p.560.

química y convertirla en instrumento de nuestra defensa y de mejora para la humanidad.”<sup>736</sup>

La industria química norteamericana estaba haciendo precisamente lo que Wilson se temía: justificar el deseo de una ventaja comercial en términos de seguridad nacional y amenaza de guerra química. Finalmente se alcanzó una resolución de compromiso con los británicos, expresada en el artículo 172 del Tratado de Versalles, en la que no se hacía mención explícita de procesos químicos concretos ni inspecciones forzadas (aunque de hecho tendrían lugar, como veremos más adelante). Pero las resoluciones del tratado no tenían efecto sobre la legislación que se pudiera aprobar en Estados Unidos: a pesar de su insistencia en políticas de comercio liberales, Wilson, sensible a los argumentos de Garvan, decidió apoyar a la *Chemical Foundation* en su afán por controlar las patentes alemanas e imponer altos aranceles que protegieran a la industria doméstica. En una nota al congreso del 20 de mayo de 1919, el Presidente rogaba

“... una consideración especial para los fabricantes americanos de tintes y productos relacionados, dada la estrecha relación entre los tintes y los gases venenosos, que otorga a esta industria un excepcional valor y significado para la nación.”<sup>737</sup>

En paralelo a estos contactos la *Chemical Foundation* lanzó una masiva campaña de publicidad (a cargo del Departamento de Publicidad de DuPont) que planteaba el problema en términos de “educación” del público general tanto como de los legisladores encargados de aprobar o rechazar las medidas proteccionistas. La “campaña educativa” fue masiva en sus medios y duró hasta 1925, incluyendo conferencias, anuncios y artículos en periódicos

---

<sup>736</sup> Telegrama de Garvan a Bradley, 19 de abril de 1919, US Senate Special Committee Investigating the Munitions Industry (Nye Committee), 74.Cong., 2ª Sess., 1936, p.13456. La traducción es nuestra.

<sup>737</sup> W. Wilson, Mensaje al Congreso, 20 de Mayo de 1919, *A Compilation of the Messages and Papers of the Presidents*, vol. XVIII, Bureau of National Literature, New York (1920).

especializados y generalistas, cartas directas a congresistas y senadores, así como una extensa red de personal de relaciones públicas. El tema central de la propaganda eran los peligros que Estados Unidos afrontaría en un futuro sin una gran industria química, explotando especialmente aquel al que el público era más sensible: el uso alemán de gases tóxicos durante la guerra. El ejército, por su parte, apoyó sin fisuras las pretensiones de la *Chemical Foundation*. El recientemente creado *Chemical Warfare Service* en particular se sumó a la campaña de publicidad, intuyendo que un amplio apoyo público a un estado permanente de preparación militar contribuiría a su supervivencia como cuerpo independiente. Se iniciaba así una larga y fructífera colaboración (que llega hasta nuestros días) entre el ejército estadounidense y la industria con posibles aplicaciones militares para “educar” al público en la necesidad de sostener niveles elevados de gasto militar en tiempos de paz. La fundación tomó finalmente el control de más de 5700 patentes por apenas 271.000\$. Tras las pertinentes demandas alemanas, el asunto fue investigado por el Departamento de Justicia en 1923 bajo la acusación de conflicto de intereses, pero tanto la fundación como sus apoyos industriales superaron la revisión sin excesivo coste<sup>738</sup>.

Sin embargo las patentes por si solas, sin el correspondiente desarrollo práctico del proceso, sin la asistencia de especialistas alemanes, resultaron de escaso valor a la hora de proporcionar resultados uniformes a escala de producción. Los especialistas de DuPont pronto se dieron cuenta de que tendrían que acudir al extranjero para adquirir el “Know-How” esencial para desarrollar las patentes. A finales de 1919 las empresas norteamericanas

---

<sup>738</sup> Cifras en Taylor, Sudnik (1984), p.108. Para profundizar en el interesante tema político de la campaña de propaganda de la Chemical Foundation y el CWS, así como en sus consecuencias sobre la formación del imaginario estadounidense sobre la guerra química (y en general, las “armas de destrucción masiva”), consultar Brown (1968), cap.2B y Chickering, Forster (2000), cap.24. Un interesante punto de vista político emitido desde la actualidad del siglo XXI se puede encontrar en Jenkins (2002). El tema volverá a aparecer más abajo, en el epílogo sobre el desarme químico.



apenas habían conseguido producir un centenar de compuestos más que antes de la guerra, y éstos eran de menor calidad y más irregulares que los suministrados por las empresas germanas. Fogueados en una feroz competencia doméstica, los alemanes habían hecho un arte del proceso de desarrollar un tinte, patentarlo y comercializarlo de forma “anónima”, de forma que resultara difícil relacionar un compuesto concreto con su correspondiente patente de producto y proceso. Por lo tanto, aunque DuPont lograra acceder a miles de patentes alemanas confiscadas, explotarlas resultaba realmente difícil: Identificar cada compuesto, descubrir los intermedios y reproducir los procesos de fabricación y estandarización implicaba una enorme inversión de tiempo y dinero en investigación, un lujo que DuPont no se podía permitir ante la amenaza de una inminente reentrada de las compañías alemanas en el mercado mundial.<sup>739</sup>

Ya a finales de 1918 el comité ejecutivo de DuPont debatió la posibilidad de adquirir en su totalidad la planta que Bayer poseía en Estados Unidos y que había sido confiscada el año anterior, con la entrada en guerra. Lamot DuPont argumentaba en estos términos a favor de la adquisición, que incluiría las líneas de medicamentos y plásticos:

“DuPont no podrá obtener éxito en la fabricación de tintes o productos orgánicos a no ser que se dote de una amplia base de conocimiento en química orgánica... Si queremos competir con los alemanes en la nueva era tendremos que ser capaces de diversificar como ellos.”<sup>740</sup>

Ante un clima económico incierto y el hecho de que la planta de Bayer supondría duplicar la que ya poseían en Deepwater, el comité ejecutivo rechazó proceder a una adquisición tan cara. De forma alternativa, en la primavera de 1919 la compañía envió a Leonard Yerkes y a otros

---

<sup>739</sup> Hounshell, Smith (1988), p.91.

<sup>740</sup> Comité Ejecutivo del 29 de Noviembre de 1918, caja 3. *EC Minutes*, E.I. DuPont de Nemours Company Records, Wilmington, Delaware.

representantes del departamento de desarrollo a Europa para explorar las posibilidades de adquirir este conocimiento tácito bien mediante acuerdos, bien mediante la contratación de personal químico especializado. Al mismo tiempo, DuPont se hacía con los servicios de Eysten Berg, quien se había encargado de realizar un estudio sobre los procesos alemanes de amoníaco sintético para el Gobierno de Estados Unidos y estaba muy al tanto de los avances alemanes a través de las comisiones militares de inspección técnica. Berg tenía buenos contactos en BASF y Bayer, y se convirtió en un importante enlace entre DuPont y los alemanes.<sup>741</sup>

En octubre de ese mismo año Berg informó a DuPont del interés de BASF por encontrar un socio americano para establecer una planta Haber-Bosch en Estados Unidos, incorporando todos los avances realizados en Oppau durante la Guerra. DuPont respondió con interés, probablemente más interesada aún en obtener un acuerdo inmediato en la tecnología de tintes que en entrar con fuerza en el campo de la síntesis de altas presiones. El momento era propicio: BASF se veía agobiada por las demandas francesas de compartir la tecnología de altas presiones bajo amenaza de desmantelamiento de sus plantas, y sorprendida por la pérdida de sus patentes americanas. El enviado de DuPont, Charles Meade, se reunió con Berg y Bosch en Zurich en noviembre de 1919, pero la voluntad inicial de los alemanes se envenenó cuando supieron del papel de DuPont en el affaire de las patentes y sus intensas presiones para establecer medidas proteccionistas.<sup>742</sup>

Du Pont recurrió entonces al plan alternativo de contratar químicos alemanes para sus plantas de tintes. Durante el invierno de 1920-21 DuPont se sirvió de Eric C. Kunz, nacido y educado en la Suiza germanoparlante, para iniciar una campaña de reclutamiento clandestina en Alemania.<sup>743</sup> Kunz

---

<sup>741</sup> Taylor, Sudnik (1984), pp.109 y sigus.

<sup>742</sup> Meinzer en Travis et.al. (1998), p.51 y sigus.

<sup>743</sup> Hounshell, Smith (1988), pp. 92 y sigus.

había acabado en DuPont cuando ésta absorbió la United Piece Dye Works, una pequeña compañía de tintes americana en la que Kunz trabajaba como especialista desde antes de la Guerra. Al parecer Kunz se entrevistó con un gran número de químicos de varias compañías, incluyendo BASF y Bayer, poniendo en contacto a los interesados con personal de DuPont, en territorio suizo. Este “programa de reclutamiento” de DuPont en Alemania tenía todos los visos de ser juzgado como espionaje industrial, pues los contratos de todos los químicos alemanes incluían cláusulas que les impedían trabajar para otra firma en el mismo campo durante tres o cuatro años tras abandonar la actual. Finalmente DuPont consiguió contratar a cuatro químicos de Bayer (todos ellos con el grado de doctor) y los llevó a Estados Unidos junto con una gran cantidad de planos, fórmulas y otras informaciones relevantes. Los químicos en cuestión eran Max Engelmann (experto en medicamentos), H. Jordan (experto en tientes azocompuestos), Otto Runge (experto en intermedios) y Joseph Flachsländer (experto en tintes sulfurados).<sup>744</sup> Bayer y el gobierno alemán protestaron en vano, ya que el Departamento de Estado Norteamericano admitió los argumentos de DuPont acerca de la importancia crítica de estos hombres para el éxito de una industria nacional de valor estratégico, permitiendo a los cuatro químicos la entrada en Nueva York. El trabajo de los cuatro alemanes en la planta de Deepwater compensó, al parecer, los riesgos asumidos. En palabras del gestor de investigación William Calcott,

“resultaron ser unos caballeros, muy hábiles en su campo. Conocían sus procesos hasta el mínimo detalle. Nos suministraron una base de conocimientos mucho más amplia y profunda, y nos confirmaron que estábamos en el camino correcto en muchos sentidos.”<sup>745</sup>

---

<sup>744</sup> Pharmazeutische Zeitung, Feb. 26, 1921, p.177.

<sup>745</sup> Calcott en *History of the organic chemicals department*, 17 de Julio de 1945, Hagley Museum & Library, Willmington, Delaware.

Tras el incidente, Berg renunció a seguir trabajando para DuPont. Las relaciones con las empresas alemanas quedaron prácticamente interrumpidas durante cuatro años. Para cuando estos contactos se retomaron a mediados de los veinte, la posición de DuPont en química orgánica era mucho más fuerte gracias a la adquisición de conocimientos prácticos y a la estabilidad impuesta por los aranceles sobre el mercado americano de tintes.<sup>746</sup>

La mejora de su base científica, sin embargo, no consiguió hacer de la división de tintes un éxito financiero inmediato. De hecho, con las ventas aún bajas por la recesión de posguerra, la gran inversión de DuPont en la línea de tintes dependía en gran medida de la cuestión de los aranceles. La tarifa protectora establecida en 1916 y el embargo de guerra sobre todas las importaciones alemanas había estimulado la industria de química orgánica doméstica que, para 1919, igualaba ya todo el volumen de importaciones de 1914. Pero, como hemos visto, los productores americanos no habían logrado desarrollar a gran escala la producción de importantes familias de tintes o medicamentos, por lo que las empresas alemanas podían encontrar vías para recuperar el mercado estadounidense. Es en este contexto en el que el *American Dye Institute* (recordemos, lobby de la gran industria química estadounidense) empieza a presionar al Gobierno Federal para conseguir la imposición de unos aranceles permanentes a las importaciones alemanas. A medida que las posibilidades de un acuerdo con BASF decrecían, DuPont se implicó cada vez más en la pelea por estos aranceles, enfatizando cada vez más en sus argumentos publicitarios la importancia militar de la industria química. El 27 de mayo de 1921 el decreto pasó el filtro del Congreso con unas imposiciones excepcionalmente altas: 60% sobre el valor de los productos acabados y 55% sobre los intermedios, más un recargo de 7 céntimos de dólar por libra.<sup>747</sup> La protección de la industria doméstica venía a

---

<sup>746</sup> Taylor, Sudnik (1984), caps. 8 y 9.

<sup>747</sup> Haynes (1954), vo.III, cap.18.

ser una consecuencia lógica de las políticas implícitas en el Tratado de Versalles: Los artículos 171 y 172 reconocían el peligro potencial de la industria química. De hecho, el 172 quedaría vacío de significado si los secretos industriales expoliados a los alemanes no pudieran utilizarse para estimular una industria química nacional y avanzada. Dado que la capacidad alemana de producción estaba intacta, la industria americana requería tiempo, y por lo tanto protección, para asimilar el nuevo conocimiento. Para la industria norteamericana esta protección fue un factor esencial, tanto para el control del mercado doméstico como para sus relaciones con las firmas extranjeras. En 1923 el negocio de los tintes empezó a ser realmente rentable para DuPont. La enorme inversión en la nueva línea de tintes (unos 40 millones de dólares antes de que empezara a ser rentable) podría haber resultado más provechosa a corto plazo en otras áreas, como la pujante industria automovilística en la que DuPont ya se había introducido a través de la adquisición de una parte importante del capital de General Motors. Sin embargo, ejecutivos como Lamont, Irénéé o Pierre DuPont tenían una visión acerca de la base científica de la industria del futuro y supieron mirar más allá de la cuenta de beneficios de un ejercicio concreto; supieron valorar las posibilidades a largo plazo de entrar en un sector estratégico y adquirir todo el conocimiento asociado al mismo. Adoptando la decisión de apostar fuerte por el negocio de los tintes a pesar de la incierta situación de posguerra, la dirección daba los críticos, primeros pasos que dirigían a la compañía hacia una base científica y técnica completamente diferente: la química orgánica. Una base que crearía el núcleo de todo un nuevo sistema de industrias en el plazo de apenas diez años desde el final de la Gran Guerra.<sup>748</sup>

---

<sup>748</sup> Taylor, Sudnik (1984), pp. 111 y sigus.

A continuación prestaremos atención a la entrada de DuPont en el negocio de la fijación de nitrógeno y lo haremos hasta un poco más allá del marco temporal que estrictamente corresponde a este trabajo, dado el interés del tema y la exhaustiva atención que le hemos dedicado en el caso alemán.<sup>749</sup> La empresa decidió por fin emprender el camino de la síntesis de amoníaco a mediados de los veinte, con el fin de asegurar un suministro barato de nítrico para sus explosivos. Las economías de escala llevaron a DuPont (al igual que a otras compañías) a construir enormes plantas que acabaron provocando un serio problema de excedentes con la llegada de la gran depresión. La situación forzó a buscar nuevos usos para el nitrógeno, pero no fue hasta el desarrollo del Nylon y la Segunda Guerra Mundial cuando DuPont pudo hacer rentable su gran inversión en tecnología de altas presiones. Otro aspecto positivo fue que el departamento de altas presiones forjó uno de los mejores equipos de investigación de la empresa; un equipo que realizó un trabajo crucial durante la segunda gran contienda del siglo.

Como sabemos, durante la Gran Guerra el Gobierno Federal intentó emular los avances alemanes poniendo en marcha un gran programa para desarrollar una industria nacional de nitrógeno sintético. Aunque el programa resultó un fracaso, consiguiendo escasos resultados tras una inversión de 127 millones de dólares de la época, el *Fixed Nitrogen Research Laboratory* gubernamental acabaría representando un importante papel en el establecimiento del negocio de nitrógeno de DuPont bajo la dirección de Roger Williams (otro egresado del MIT) cuando, ya en 1924, las condiciones financieras y del mercado de nitratos estaban cambiando.<sup>750</sup> En marzo de 1925 comenzaría la construcción de la primera planta de amoníaco sintético en Virginia Occidental, basada en un proceso alternativo al Haber-Bosch denominado “Casale”. La planta presentó desde el principio grandes

---

<sup>749</sup> Haynes (1954), vol.IV, cap. 6 y Hounshell, Smith (1988), cap.9

<sup>750</sup> Haynes (1954), vol. II, caps. 9-11.

problemas técnicos y económicos, y tan sólo fue posible superarlos gracias al intenso trabajo del personal, la mayor parte del cual provenía del laboratorio gubernamental de investigación para la fijación de nitrógeno. La capacidad de producción de amoníaco de DuPont iría aumentando paulatinamente durante los años siguientes, consiguiendo sobrevivir a los avatares de un mercado muy cambiante, y Williams acabaría contando con más de cien técnicos en el departamento de nitrógeno y altas presiones a mediados de los treinta. Entre ellos se encontraba Alfred T. Larson, doctor por Harvard y experto en catálisis, al que Williams encargó encontrar nuevas aplicaciones para la tecnología de catálisis de altas presiones que tanto había costado desarrollar. Larson obtuvo muchos éxitos en esta tarea: anticongelantes, fluidos para hidráulica, polialcoholes, fertilizantes... Pero sin duda el resultado más importante del departamento se dio en 1935, cuando DuPont afrontaba el gran reto de desarrollar un sistema de tecnologías completamente nuevas para la fabricación del Nylon a gran escala. Afortunadamente, muchos intermedios necesarios (ácido adípico, hexametilendiamina...) podían producirse mediante catálisis a altas presiones. Añadiendo estos intermedios a los 80 productos que para entonces ya se fabricaban en la planta de Virginia, ésta se convirtió en la instalación más grande de la compañía, con un valor de unos 50 millones de dólares de la época.<sup>751</sup> La estrategia de inversión en investigación había dado sus frutos; el comité ejecutivo reconocía que el capital más importante del departamento de nitrógeno era su personal técnico de expertos en catálisis de altas presiones, invirtiendo cada vez más, en pleno umbral de la Segunda Guerra Mundial, en investigación básica y exploración de nuevas tecnologías.

---

<sup>751</sup> Hounshell, Smith (1988), p. 187.

Mientras tanto, con la consolidación de I.G. Farben en 1925-26, los alemanes instituyeron la General Dyestuffs Inc. Para controlar bajo un mismo paraguas todos sus negocios en Norteamérica. Para entonces, invertir en negocios alemanes se había convertido en algo bastante popular entre la comunidad financiera de Estados Unidos gracias a la estabilización del sistema monetario alemán por el plan Dawes.<sup>752</sup> Además, como acabamos de ver, DuPont había ganado interés por los procesos de amoniaco sintético y la tecnología de altas presiones como parte de su nuevo plan de diversificación. Era el momento de intentar una reconciliación, tras los años de ruptura por el affaire de la contratación de químicos de Bayer. Las negociaciones fueron duras y se vieron perjudicadas por el descenso en los precios de los fertilizantes durante la segunda mitad de los años veinte. Además, el conglomerado alemán veía demasiados riesgos en compartir información relevante con empresas extranjeras. Finalmente, DuPont e I.G. Farben alcanzaron un acuerdo de mínimos para cubrir mutuamente sus necesidades de productos intermedios en Norteamérica a través de General Dyestuffs Inc. I.G. pasó entonces a intentar invertir directamente en Estados Unidos para evitar los aranceles, obteniendo notables éxitos a lo largo de los años treinta hasta conseguir un 21% de la cuota del mercado estadounidense en 1939.<sup>753</sup> Durante esos años, sin embargo, la actitud de IG hacia DuPont fue tornándose considerablemente más amistosa, a medida que la capacidad I+D de los norteamericanos crecía y se adornaba con éxitos como el neopreno y el Nylon. A pesar del creciente riesgo político, DuPont volvió a negociar con los alemanes entre 1934 y 38, llegando en septiembre de 1938 a un acuerdo específico y limitado para el intercambio de patentes de Nylon, resinas de estireno y procesos intermedios importantes para la fabricación de Buna (caucho sintético), acuerdos que quedaron formalmente cancelados con la

---

<sup>752</sup> Taylor, Sudnik (1984), p. 114. Ver también Hounshell, Smith (1988), pp. 205 y sigus.

<sup>753</sup> Haber (1971), p. 314.



entrada de Estados Unidos en la Segunda Guerra Mundial<sup>754</sup>. A pesar de lo limitado de los acuerdos alcanzados, DuPont se benefició notablemente de sus contactos con IG: Uno de los ejecutivos de DuPont, Jasper Crane, pudo visitar parte de las instalaciones de investigación de IG en 1930, así como discutir con gestores alemanes acerca del papel de la investigación en su empresa. Un episodio más de la ya larga y fructífera tradición de viajes, intercambios, educación e influencias mutuas entre Alemania y Estados Unidos. Crane quedó impresionado por la cantidad que los alemanes invertían en I+D: un 3% del total de ventas, mayor aún que el ya impresionante 2,9% que por entonces invertía DuPont (ascendería al 3,9% en 1932). Además, Crane reconocía que

“la cantidad y tamaño de sus laboratorios, el gran número de personal técnico empleado, la atención prestada a las patentes,... Todo evidencia que la investigación es un fundamental de la política de IG. Los ejecutivos de IG tienen fe en que su investigación química permitirá desarrollar cada pocos años un nuevo proceso de gran importancia. Más aún, IG concentra sus esfuerzos en lo que ellos llaman suprimir la naturaleza (*Ersatz*), es decir, crear compuestos que reemplacen a productos naturales. Estamos realmente impresionados por la perspectiva de los alemanes.”<sup>755</sup>

Aunque sin duda tomaron nota de los métodos de IG, la dirección y el consejo de directores de investigación de DuPont, confiados en su propio desarrollo y recientes éxitos, ya no se sentía tan intimidada por los alemanes como unos años antes: Apuntaron que la aproximación de IG a la investigación era masiva en exceso en cuanto materiales y personal, lo que la convertía en poco eficiente y apuntaba a que eran incapaces de afinar el

---

<sup>754</sup> Taylor, Sudnik (1984), p.p. 137-41.

<sup>755</sup> Crane, C.E., One way of looking at research, Technical Directors Meeting, 20 de mayo de 1930, Casper E. Crane Papers, caja7. Hagley Museum & Library, Willmington, Delaware.

abordaje de los problemas en la fase fundamental, dependiendo en exceso de la exploración de múltiples vías.<sup>756</sup>

Volviendo a los años veinte, DuPont, por su parte, se centró en conseguir un acuerdo con la británica Imperial Chemical Industries, que poseía las patentes del proceso Haber-Bosch gracias al “expolio” practicado a los alemanes en 1919.<sup>757</sup> En 1928 ambas compañías anglosajonas firmaron un acuerdo que marcaría las relaciones internacionales de la industria química hasta bien avanzada la segunda posguerra y permitiría a DuPont adquirir y desarrollar, a lo largo de los años treinta, detalles técnicos importantes para la tecnología de altas presiones que resultaría fundamental para el esfuerzo industrial estadounidense durante la Segunda Guerra Mundial, permitiendo a DuPont recortar rápidamente la brecha tecnológica que la separaba de IG Farben. DuPont e ICI acordaron intercambiar licencias de patentes y procesos en exclusiva, iniciando así una fructífera relación que incluía el intercambio regular de información técnica y científica, las visitas mutuas de personal técnico y el envío regular de informes cruzados. Sin duda esta colaboración amplió y profundizó las capacidades de investigación y desarrollo norteamericanas y produjo importantes ahorros, evitando la prosecución de vías muertas. F.A. Wardenburg, del departamento de nitrógeno, reconocía en 1934:

“Cuando el nitrógeno se incluyó en el acuerdo con ICI nuestro trabajo estaba aún en su fase inicial. Tan sólo llevábamos unos pocos años fabricando amoníaco y ácido nítrico y nuestros conocimientos eran aún muy incompletos. Obtuvimos de ICI la experiencia de un mayor tiempo de operación y, aunque el proceso que ellos utilizaban era diferente, las competencias para ajustar los detalles de producción, del equipo y de los

---

<sup>756</sup> Hounshell, Smith (1988), p. 208.

<sup>757</sup> Taylor, Sudnik (1984), cap.9.

costes de producción supusieron una gran ventaja para determinar el camino que debíamos seguir en cada caso.”<sup>758</sup>

Mirando ahora la historia con la perspectiva que nos ofrece la posguerra, vemos que en 1900 DuPont era una compañía relativamente pequeña en la escena industrial estadounidense, limitada al campo de los explosivos. Entre 1902 y 1910 logró hacerse con una posición dominante en el mercado doméstico, integrando a los competidores absorbidos en una estructura corporativa vertical, con estrictos controles administrativos. Durante las dos décadas siguientes la compañía se embarcó en una estrategia exitosa de diversificación mediante la adquisición de una gran variedad de empresas más pequeñas y tecnologías prometedoras en un entorno que cambiaba rápidamente. Esta diversificación, posible gracias a los recursos financieros generados por la venta de explosivos durante la guerra, vino acompañada de una descentralización del sistema de producción y ventas, así como de una creciente inversión en investigación interna que preparó los cimientos para el futuro liderazgo de DuPont en la producción de fibras sintéticas y polímeros, tanto como su papel estelar en el proyecto Manhattan.<sup>759</sup>

A lo largo de estas cuatro décadas podemos identificar significativas continuidades en las políticas, prácticas y relaciones exteriores de DuPont: La orientación de la organización y la investigación hacia objetivos coherentes con la estrategia empresarial. La dirección a cargo de un grupo pequeño y cohesionado, que podía confiar en los recursos financieros de la empresa sin tener que depender de accionistas ni deudas, sin tener que diluir la dirección estratégica por los beneficios inmediatos de terceros. Un grupo que podía también, por lo tanto, tener en mente el desarrollo a largo plazo del conjunto

---

<sup>758</sup> F.A. Wandenburg a W.R. Swint, 13 de Noviembre de 1933, Records of the E.I. DuPont de Nemours & Co. Series II, parte 2, caja 543. Hagley Museum & Library, Willmington, Delaware.

<sup>759</sup> Hounshell, Smith (1988), partes III y IV.

de la compañía, aún durante los movimientos de descentralización de la gestión. Es importante notar también que la “masa crítica” de capital que permitió financiar el programa de diversificación de posguerra (incluida la gran inversión en acciones de General Motors) provenía sin duda de la venta de municiones a los aliados durante la Primera Guerra Mundial.<sup>760</sup> El hecho de ser, por su propia naturaleza, una empresa bien situada para aprovechar la guerra, permitió a DuPont catapultarse hacia el liderazgo internacional a todos los niveles en un mundo determinado por la propia guerra.

El énfasis puesto en la investigación o, con mayor precisión, en la adquisición y control de conocimiento con base científica, existía ya en la compañía antes del programa de diversificación de posguerra. El Lamot DuPont que fundó las instalaciones de Repauno se preocupó porque sus hijos tuvieran la mejor educación técnica posible en norteamérica: el MIT. Como hemos visto, esta orientación hacia la innovación técnica quedó institucionalizada mediante el establecimiento temprano de instalaciones permanentes de investigación y la confianza en el Departamento de Desarrollo para coordinar los planes de diversificación. En la inmediata posguerra, cuando DuPont se estaba introduciendo en el terreno poco familiar de la industria química, confió sobre todo en la adquisición de tecnología externa, particularmente de fuentes europeas, mientras que la capacidad científica interna se focalizaba en la adaptación y mejora de procesos de fabricación. Para finales de los años veinte esta capacidad interna ya estaba preparada para llevar a cabo los importantes programas de investigación básica que culminarían con resultados rompedores en el campo de los polímeros a lo largo de la década siguiente.

El *National Resources Committee* dirigido por el Secretario de Interior, Harold L. Ikes, reconocía la investigación como un “recurso nacional de

---

<sup>760</sup> Taylor, Sudnik (1984), cap.6.

primer orden” en su informe de 1941.<sup>761</sup> Como parte del trabajo de este comité, el *National Research Council* preparó en 1940 un censo de la investigación industrial en Estados Unidos: el número de laboratorios industriales había crecido de 300 a más de 2.200 entre 1921 y 1941. El personal técnico, de 9.300 a más de 70.000.<sup>762</sup> La ciencia se había convertido en parte integral de la estrategia de las grandes compañías y del gobierno, y este es uno de los factores que hacen de los sucesos del siglo XX algo radicalmente diferente a los anteriores. El “momentum” del cambio tecnológico, por seguir la metáfora de Hughes<sup>763</sup>, la creciente capacidad y confianza de DuPont en sus propios laboratorios, subyace a la respuesta dada por la compañía a estos condicionantes externos, y a la propia situación de guerra y posguerra. DuPont fue pionera en la aproximación sistemática a la investigación y desarrollo en Estados Unidos y su coordinación de la investigación científica con la estrategia empresarial ha servido de ejemplo a muchas compañías fuera del ámbito de la química y hasta mucho después de la Segunda Guerra Mundial, erigiéndose en el modelo de gran compañía americana durante todo el siglo XX.

Los factores externos resultaron también esenciales en esta historia: en concreto las políticas del Gobierno Federal Estadounidense contribuyeron de manera determinante a dar forma a la estrategia y estructura de DuPont.<sup>764</sup> Desde los primeros años, en los que el primer Iréneé DuPont negoció un

---

<sup>761</sup> National Resources Committee, Planning Board. Harold L. Ikes, Chairman. *Progress report 1940-1941*. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

<sup>762</sup> Report of the National Research Council to the National Resources Planning Board, December 1940. *Research, a National Resource. II Industrial Research*. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

<sup>763</sup> Th. P. Hughes define el “momentum tecnológico” como un conjunto de componentes estrechamente conectados, que se refuerzan mutuamente, constituyendo un sistema de intereses establecidos comprendiendo personal, instituciones, ideas y artefactos. Dichos sistemas presentan una inercia (“momentum”) que tiende a resistir el cambio, condicionando así el curso de sucesos o desarrollos ulteriores posibles. Ver Hughes (1969, 1985, 1989).

<sup>764</sup> Tesis central de Burk (1990).

contrato de venta de pólvora con la administración de Thomas Jefferson, la irregular pero continua demanda de municiones por parte del ejército y, sobre todo, la demanda sin precedentes de los ejércitos aliados durante la Gran Guerra, proveyeron a DuPont de grandes inyecciones de capital. Así mismo, los aranceles de posguerra, justificados en gran parte como medida de seguridad nacional, permitieron a la compañía proteger sus recientes posiciones en la industria química. Las leyes anti-trust también obligaron a DuPont a repensar sus relaciones y estrategias, enfatizando los intercambios de patentes por encima de los repartos de mercado. Como vimos, esto empujó una política de adquisición de tecnologías que terminó cristalizando, a finales de los años veinte, en una red de intercambio de patentes entre DuPont e Imperial Chemical, crucial durante la Segunda Guerra Mundial.

El ejemplo paradigmático de DuPont como pionera a la hora de introducir la investigación en la industria química estadounidense, junto con su proceder en la posguerra, permite por lo tanto concluir la realidad histórica material de una de las ideas que vienen guiando el ensayo. A saber: que el desarrollo de los sistemas de investigación industriales no comprende sólo las instalaciones científico-tecnológicas y el personal cualificado empleado en ellas, sino también todo un complejo sistema de relaciones institucionales entre las esferas científica, industrial y gubernamental. Que además, teniendo en cuenta también al NRC, la aparición de un verdadero sistema de I+D norteamericano tuvo lugar a causa del contexto bélico, por lo que los objetivos militares, o la mera percepción de la industria química como sector estratégico para la defensa nacional, determinaron su orientación, enfoque y consolidación durante la primera posguerra, mucho antes de la Segunda Guerra Mundial o la Guerra Fría, periodos que habitualmente se señalaban como orígenes del complejo militar-industrial.

## 8 Interacción entre vencedores y vencidos: El desarme químico.

“Hay que negar a Alemania el uso destructivo de la ciencia química y convertirla en instrumento de nuestra defensa y de mejora para la humanidad.”

F. Garvan, 1919.<sup>765</sup>

“Una industria química diversificada y próspera representa un papel clave en la preparación de las naciones para la guerra contemporánea.”

General W.L. Siebert, 1919.<sup>766</sup>

Para el estudio de este último apartado son fuentes primarias del periodo Fries (1921), a favor de la continuidad de un Servicio de Guerra Química en el ejército estadounidense, e Irwin (1921) en oposición a ello. Siguen siendo válidas parte de las fuentes de los epígrafes dedicados a la guerra química, especialmente el capítulo 12 de Haber (1986) y los últimos capítulos de Bancroft (1919). He encontrado también mucha información acerca de la posguerra norteamericana en Jones (1969), cap.5 y Brown (1968), cap.2. Desde otra perspectiva, más periodística que historiográfica pero muy interesante por su actualidad, trata el tema Jenkins (2002), caps. 1 y 3. En McLeod, Johnson (2006), cap.13, estos dos autores defienden la polémica tesis de que los aliados implementaron una política de desarme químico contraproducente para sus propios intereses. Meinzer en Travis et.al. (1998), pp.51-64 se centra en la ocupación militar francesa y su intervención de las

---

<sup>765</sup> Telegrama de Garvan a Bradley, 19 de abril de 1919, US Senate Special Committee Investigating the Munitions Industry (Nye Committee), 74.Cong., 2ª Sess., 1936, p.13456. La traducción es nuestra.

<sup>766</sup> U.S. Senate, Hearings, 66th Congress, 1st Session, 19 de Agosto de 1919, p.95.

plantas de BASF en el Rhin. Para las actividades de Fritz Haber tras el armisticio se pueden consultar Hahn (1999) y Frucht (2005). Por último, una interesante muestra de las simpatías que la guerra química suscitaba entre los químicos cultivados durante la posguerra se puede encontrar en Haldane (1926).

La forma en la que se proyectó el desarme químico de los beligerantes es, como se podía prever, un ejemplo claro de la asimetría entre los vencedores y los vencidos: Las potencias aliadas intentaron despojar a Alemania de su tecnología con el pretexto del control de armamentos. Sin embargo, como veremos a continuación, existen diferencias significativas, sintomáticas de las diferentes formas de valorar el conocimiento científico, entre los países aliados. Mientras que Francia, con una mentalidad un tanto decimonónica, se centra en la ocupación territorial del Ruhr y el control físico de las plantas químicas alemanas a su alcance, Gran Bretaña insiste extender el sistema de inspecciones entendiendo ya la tecnología industrial como un recurso militar estratégico. Por su parte, Estados Unidos tuvo una actitud más consonante con la nueva era que se avecinaba: Al igual que los alemanes, los norteamericanos valoraban el conocimiento científico y el dominio del mercado por encima de otras consideraciones. Una comunidad de intereses con apoyo gubernamental trató de hacerse con el núcleo de conocimiento de la industria alemana que suponían sus patentes en Norteamérica, así como de bloquear mediante aranceles el mercado norteamericano para proteger el incipiente crecimiento de la industria nacional frente a la posible reconquista alemana del mercado. ¿Conseguirían los aliados aprovechar su victoria militar para hacerse también con el fondo estratégico que para Alemania suponía su ciencia y su tecnología, o perderían la paz tras haber ganado la guerra? Los intentos aliados por controlar e inspeccionar la industria química alemana constituyen un caso paradigmático y pionero de políticas militares,



económicas y tecnológicas sobre la industria de potencial utilización dual, civil y militar.

Como es bien conocido, el armisticio de Noviembre de 1918 no trajo la paz: Desplazamiento de fronteras, colapso de imperios y transferencia de colonias de por medio, Alemania se negó a aceptar los términos del tratado y, especialmente en lo que se refiere al frente oriental, el propio hecho de la derrota. Durante más de ochenta años los historiadores han analizado los fallos del tratado de Versalles; mucho se ha escrito sobre nacionalismo, reparaciones, balances de poder y ascenso de los fascismos. Sin embargo, es importante ver Versalles también como un primer paso en la aparentemente inacabable vía del desarme. Su temprana implementación nos parece, vista desde la perspectiva contemporánea, un experimento cuyo evidente fracaso apuntó las dificultades inherentes de redactar y hacer cumplir las condiciones adecuadas.<sup>767</sup> En el momento del armisticio las armas químicas se encontraban en el umbral de una escalada a nivel táctico y estratégico, especialmente en los planes estadounidenses para romper el frente con el uso masivo de Lewisita en la primavera de 1919.<sup>768</sup> Que esta perspectiva se realizara (o no) en la próxima guerra dependería de las decisiones de la inmediata posguerra.

Las dificultades inherentes a los programas de desarme se pueden ver con gran claridad en la historia de los esfuerzos aliados por controlar la vasta industria química alemana en la posguerra. Un mes después del armisticio el presidente de la joven República Alemana, Friedrich Ebert, consolaba a sus tropas en la Puerta de Brandemburgo:

---

<sup>767</sup> Fischer (1986), Strachan (2004) o Ferro (1968), en los respectivos capítulos referidos al armisticio y el tratado de Versalles.

<sup>768</sup> Jones (2007) y Jenkins (2002).

“Ningún enemigo os ha superado... Habéis protegido a la Patria de una invasión.”<sup>769</sup>

Las mismas palabras hubieran servido para los barones de la industria, que terminaron la guerra con sus inventarios completos, sus factorías intactas, sus sistemas de distribución en funcionamiento. Los aliados concedieron a la tecnología química un papel protagonista en las restricciones de Versalles; los intentos de los oficiales aliados por inspeccionar y controlar esta industria fueron el corazón de la política militar, económica y tecnológica sobre el doble uso industrial-militar. Apenas dos meses después del armisticio dio comienzo una nueva guerra en la que combatieron inspectores e industriales, diplomáticos y políticos; sus armas fueron las tablas de estadísticas y los cuestionarios; sus ambiciones no fueron territoriales sino económicas. Los esfuerzos aliados por garantizar el “desarme químico” tuvieron dos objetivos: acabar con una fuente potencial de agresión militar y apoyar a la industria aliada en su conquista de los mercados internacionales. Ninguno de los dos fue tarea fácil; el centro del problema era la durabilidad, la inercia de ese tipo de tecnología. Una industria capaz de producir fertilizantes y explosivos con los mismos medios ejemplifica a la perfección el ya clásico dilema del doble uso: Cada planta química era un arsenal en potencia. A continuación describiremos brevemente los esfuerzos de la Comisión Militar Interaliada de Control (*Military Inter-Allied Control Commission*, MICC) por llevar a cabo su misión, así como la respuesta alemana a estos intentos. Nuestro fin será entender por qué falló e incluso llegó a resultar contraproducente, por qué los ganadores perdieron la batalla de la industria del Rin con consecuencias que determinarían los años por venir.<sup>770</sup>

---

<sup>769</sup> Ebert (1926), p. 127.

<sup>770</sup> Los párrafos referidos a la MICC se basan especialmente en el reciente y detallado capítulo 13 de McLeod y Johnson (2006), cuyas investigaciones, como se podrá apreciar, han iluminado notablemente nuestra comprensión de los esfuerzos aliados por controlar la industria química alemana tras el armisticio.

Desde otoño de 1916 todos los contratos entre las empresas químicas y el gobierno alemán especificaban que las plantas industriales construidas o ampliadas mediante subsidios del gobierno imperial debían mantenerse preparadas para reanudar la producción militar durante al menos una década después de que terminara la guerra. Esto marcó la integración formal de la industria en los planes militares presentes y futuros, una integración que persistió a pesar de la forzada anulación de los contratos de preparación tras la derrota. En un contexto de caos económico y político, unido a la cancelación de los contratos, la producción química alemana se redujo bruscamente, pero sus instalaciones seguían intactas y Alemania podía seguir disfrutando de su nueva independencia en el campo del nitrógeno. Muchos de sus productos de guerra encontraron rápidamente aplicaciones civiles, lo que inmediatamente puso sobre la mesa la cuestión de si los aliados podían cerrar este tipo de industrias de acuerdo con el Tratado de Versalles.<sup>771</sup>

El 12 de Noviembre de 1918 se formó la Comisión de Armisticio Interaliada bajo el mando del Mariscal Foch; su misión consistía en ocuparse de las cuestiones que no se recogieran explícitamente en los documentos de armisticio, incluyendo la confiscación de almacenes y rendición de material de guerra.<sup>772</sup> La Comisión se constituía como el principal canal de comunicación con los alemanes hasta que el Tratado de Versalles quedara ratificado, tras lo cual se recuperarían las vías diplomáticas tradicionales. Siguiendo los términos del armisticio los aliados ocuparon todo el territorio al oeste del Rin, incluyendo las cabezas de puente en la orilla derecha. Esto incluía las principales plantas químicas de Alemania. Los objetivos aliados en relación con la industria química eran dobles: Forzar el desarme químico y adquirir conocimiento práctico y tecnológico. Las plantas de BASF en Ludwigshafen

---

<sup>771</sup> McLeod, Johnson (2006) pp.222-3.

<sup>772</sup> Strachan (2004), cap22.

y Oppau fueron ocupadas por los franceses el 6 de Diciembre de 1918.<sup>773</sup> Antes de fin de año las autoridades inglesas ordenaron dismantelar la planta de gas mostaza que Bayer operaba en Levekusen, así como confiscar productos estratégicos que se utilizaban en la fabricación de colorantes como reparaciones de guerra. El plan británico incluía reemprender la producción química alemana en la medida de lo posible, sin permitir que se reanudaran las exportaciones a Inglaterra. Las firmas alemanas insistieron en que franceses y británicos debían empezar a temer más la competencia norteamericana que la alemana.

A mediados de Enero de 1919 el General Plumer, que había conseguido poner en marcha de nuevo el suministro de alimentos y sofocar las huelgas, estableció un Departamento Industrial en su cuartel general de Colonia. Su tarea tenía prioridad absoluta, dada la necesidad de estabilizar la fuerza de trabajo industrial ante la agitación bolchevique. Sus tareas a medio plazo incluían, sin embargo, crear una situación propicia para que Alemania iniciara el pago de las reparaciones y asegurar que la industria británica una posición ventajosa en la competencia de posguerra. A la sección química fueron asignados cinco químicos, tres de los cuales habían estudiado en Alemania y hablaban bien el idioma. También llegó un representante del ministro de municiones con la orden de establecer una comisión técnica que estudiara los procesos alemanes e informara directamente a Lord Moulton, el responsable del “milagro británico de las municiones”. El ministro sabía que la industria química alemana estaba en una posición de fuerza, tanto financiera como técnicamente, en comparación con la británica. A finales de Enero la comisión visitó superficialmente varias plantas en el sector británico, quedando claro que estas habían utilizado los meses de inactividad desde Noviembre para iniciar la reconversión de sus instalaciones a la producción comercial. Durante la primera mitad de Febrero vistaron la planta de BASF

---

<sup>773</sup> Meinzer en Travis et.al. (1998), p.52.

en Oppau y se entrevistaron con Duisberg en Leverkusen, inspeccionando los procesos de oxidación de amoníaco y síntesis de TNT de Bayer. El 26 de Febrero Lord Moulton disponía ya del primer informe de la comisión, que seguía recomendando reestablecer la producción comercial lo antes posible.<sup>774</sup>

Sin embargo, desde el principio quedó claro que los técnicos aliados encontrarían muchos impedimentos en su labor de “desarmar” Alemania. Las plantas de Bayer en Elberfeld, BASF en Leuna y Agfa en Berlín, así como las fábricas de explosivos del ejército en Baviera, Prusia y Sajonia quedaban fuera del territorio ocupado. Franceses y británicos podían requisar productos como reparaciones, por los que las empresas debían recibir compensación del Reich, pero esto no garantizaba la colaboración con los inspectores.<sup>775</sup> A lo largo de 1919 continuaron las inspecciones individuales forzadas; el 14 de Noviembre Sir Robert Robertson, director de investigación del Arsenal Real y químico distinguido por su trabajo de guerra sobre el amatol, visitó las factorías más importantes del sector británico. Robertson encontró que toda la producción alemana era fácilmente reorientable para fines bélicos, en especial la producción de nitratos y nitrocelulosa.<sup>776</sup>

Como cabía esperar, las grandes empresas alemanas se resistieron a las inspecciones de varias formas, incluyendo el cierre de las plantas, con el fin de que los detalles técnicos de sus procesos no cayeran en manos aliadas. Según interpretaban los abogados de BASF, los términos del armisticio autorizaban a los aliados a demandar información tan sólo sobre productos y materias primas, no sobre procesos, líneas de producción o estadísticas patentados o

---

<sup>774</sup> National Archives, MUN 4/6737, *Report of the British Mission appointed to visit enemy chemical factories in the occupied zone engaged in the production of munitions for war*, 26 de Febrero de 1919, Impreso por el Ministry of Munitions, 1921.

<sup>775</sup> McLeod, Johnson (2006), p.226.

<sup>776</sup> National Archives, *Report of the British Mission appointed to visit enemy chemical factories in the occupied zone engaged in the production of munitions for war*, Report 37, C/2184, German Propellants, 15 de Julio de 1919.

secretos. Exigir este tipo de información violaría los acuerdos que prohibían explícitamente dañar propiedad privada. El 19 de Febrero BASF informó a la Comisión Alemana del Armisticio de que sus plantas en Ludwigshafen y Oppau habían sido tomadas por dos oficiales franceses asistidos por químicos e ingenieros, con el objetivo oficial de estudiar la producción de materiales de guerra y prevenir su continuidad. Sin embargo, denunciaba BASF, los franceses se extralimitaban en su labor, buscando información precisa sobre métodos de producción, construcción de aparatos y reactores, composición detallada de los productos... Para ello interrogaban al personal, confiscaban documentos y obligaban a realizar demostraciones de operación, tomando toda clase de muestras. Dado que las quejas a la comisión francesa no tuvieron ningún efecto, Bosch ordenó detener y cerrar por completo aquellos procesos productivos que implicaran riesgo de espionaje industrial. En consecuencia, la compañía sufrió graves pérdidas: De 25 a 30 millones de marcos a causa de Oppau durante 1919. Hoechst sufrió inspecciones similares por parte de los franceses, mientras que Bayer, en el sector británico, presentó quejas menos graves.<sup>777</sup>

Las fuerzas de ocupación se encontraban ante un grave dilema; los intereses militares, políticos y comerciales se contradecían entre sí. Si obligaban a cerrar las plantas alemanas para conseguir un desarme completo se arriesgaban a fomentar un levantamiento de los obreros, mientras que los mercados de sus propios países seguían necesitando cierta cantidad de exportación alemana, pues incluso después de confiscar todas las patentes y factorías la industria aliada aún no era capaz de suplir por completo los productos más complejos. Los ingleses no estaban interesados en permanecer mucho tiempo en el Rin, mientras que los franceses sí que querían controlar permanentemente esta región y su potencia industrial.<sup>778</sup> Los

---

<sup>777</sup> Meinzer en Travis et.al. (1998), p. 53

<sup>778</sup> McLeod, Johnson (2006), p.227.

estadounidenses, por su parte, habían hecho buena caja con la guerra y no estaban interesados en la ocupación, aunque tenían mucho interés en la tecnología alemana. Al no suscribir el Tratado de Versalles, Norteamérica perdió una buena oportunidad de beneficiarse de sus cláusulas de transferencia tecnológica, incluyendo el artículo 297 que garantizaba a los aliados el libre uso de las patentes alemanas registradas en sus países, y que hubiera puesto fin a los litigios mantenidos por las empresas alemanas en los tribunales de Washington.<sup>779</sup>

El Tratado ordenaba al gobierno alemán garantizar a la Comisión de Control Militar información sobre explosivos, sustancias tóxicas o cualquier otro producto químico utilizado durante la guerra o preparado a tal efecto (artículo 172). La Comisión tenía poder para cerrar o inutilizar cualquier instalación dedicada a la fabricación de material de guerra, pero la definición de “material de guerra o cualquier otro producto destinado a tal fin” era muy ambigua; el doble uso, el destino comercial de materiales cuya producción había comenzado para o a causa de la guerra, permitía aprovechar las zonas grises de la legislación para mantener intactas las plantas alemanas.<sup>780</sup>

El 19 de Julio de 1919 se estableció la Comisión de Control sancionada por el Tratado bajo el mando del General Nollet y con sede en Berlín; la subcomisión de armamentos, comandada por el General Sir Francis Bingham, incluía una sección química dirigida por los coroneles Dr. Muraur y Dr. Watts. Las inspecciones según el Tratado dieron comienzo el 15 de Septiembre de 1919 y continuaron hasta el 1 de Febrero de 1927, implicando a 400 expertos aliados en un total de 33.381 misiones en 7.000 plantas.<sup>781</sup> El 10 de Noviembre de 1919 se presentaron a las compañías alemanas los

---

<sup>779</sup> Steen en Lesch (2000), pp. 323 y sigus.

<sup>780</sup> Boemke et.al. (1998). En el apéndice se puede consultar los citados artículos del Tratado.

<sup>781</sup> Liga de Naciones, Comisión Interaliada de Control Militar, Alemania, Colección 57, artículos 164 a 172, pp. 14 y sigus. Arhivo de las Naciones Unidas, Ginebra.

primeros cuestionarios elaborados por expertos británicos; en parte ayudadas por el gobierno y en parte por cuenta propia, las principales empresas químicas acordaron sus respuestas, explotando las debilidades del sistema de inspecciones y sacando ventaja de las rivalidades entre los aliados.<sup>782</sup> La *Interessen Gemeinschaft* diseñada por Duisberg años antes mostró ser un instrumento inestimable para esta labor. Daba comienzo una “guerra fría” que duraría siete años y en la que no se combatiría con ametralladoras sino con abogados y astucia. Berlín designó dos expertos para contestar su propio cuestionario y asistir a las empresas químicas: Fritz Lenze (Director de la sección de propelentes del Militärversuchamt, que en Abril de 1920 cambió su nombre por Chemisch-Technische Reichsanstalt) y, como no, Fritz Haber. Los expertos alemanes hicieron un buen trabajo evadiendo las cuestiones fundamentales, que en su opinión estaban redactadas de forma poco precisa. Ante la presión aliada, las empresas contactaron con el Ministerio de Reconstrucción, dirigido por Walther Rathenau durante el periodo 1920-21; Rathenau aconsejó a las firmas satisfacer a los aliados en lo que se refería a cuestiones puramente militares con el fin desviar la atención de los procesos con valor comercial, pero el Reichswehr, en consonancia con su resistencia en otras áreas, exigió a los industriales mantener en secreto la información militarmente significativa. La influencia de los militares se hizo sentir más en lo concerniente a explosivos y propelentes (nitrocelulosa de *ersatz* procedente de la madera), mientras que el campo de las armas químicas tanto las empresas como el propio Haber, temerosos de una ocupación del Ruhr, decidieron mostrarse más colaboradores. El 10 de Febrero de 1920 una comisión que incluía a Haber, Duisberg y a otros varios representantes de la Asociación de Industrias Químicas del Reich se reunió para acordar la información que suministrarían a la MICC, redactar respuestas coherentes y elegir a los hombres que recibirían a los expertos aliados en cada distrito (por

---

<sup>782</sup> Bingham (1924), p.749



lo general químicos que hubieran estudiado o trabajado en Gran Bretaña o Estados Unidos). Mediante estos acuerdos las firmas del IG consiguieron evitar roces con la MICC, enfatizando los aspectos de desarme y control, incluyendo la conversión de procesos de guerra a tiempos de paz, resistiendo conjuntamente las demandas de información sobre procesos con valor comercial.<sup>783</sup>

La presión aumentó a principios de 1921, cuando las principales empresas químicas británicas exigieron a su gobierno una política de inspecciones mucho más estricta, mientras la Liga de Naciones centraba su atención en la cuestión del desarmen químico. Ambos organismos basaban sus argumentos en la ya famosa afirmación de que un país dotado de industrias químicas tan potentes no estaría nunca desarmado. Si los británicos hubieran aceptado este tipo de argumentos, la acción lógica hubiera sido clasificar como militares todas las plantas de IG, lo que hubiera implicado su desmantelamiento, como ya había ocurrido con las de gas mostaza o llenado de proyectiles. Todo un empujón comercial para las empresas químicas de los países aliados y la mejor de las excusas para obtener tanta información técnica como se pudiera desear. La no tan oculta razón que subyacía a las presiones sobre la MICC era el deseo de conocer todos los detalles de tecnologías críticas como la producción de amoníaco sintético, que implicaba todo el conocimiento sobre reactores de alta presión y catálisis desarrollado por los químicos alemanes.<sup>784</sup>

De acuerdo con sus usos y costumbres, los franceses optaron por una vía más persuasiva, amenazando incluso antes de la entrada en vigor del Tratado con desmantelar todas las plantas de BASF salvo que la compañía accediera a licenciar para ellos la tecnología Haber-Bosch de forma completamente gratuita. Durante las largas negociaciones sostenidas a tal

---

<sup>783</sup> McLeod, Johnson (2006), pp.230-2.

<sup>784</sup> *Ibid.* p.234.

efecto en París, Bosch (que contaba con la aquiescencia del Reich) consiguió llegar a un acuerdo con el Servicio Francés de Pólvoras. BASF otorgaba al gobierno francés la exclusiva de explotación del proceso Haber-Bosch en territorio galo y el acceso a cualquier innovación tecnológica al respecto durante los quince años siguientes, a cambio de un precio casi simbólico de cinco millones de marcos. A pesar de esta apropiación, el gobierno francés tardó varios años en formar la compañía responsable de explotar los derechos, e incluso entonces los químicos e ingenieros franceses tuvieron bastantes problemas para poner en marcha las instalaciones. BASF no se vio obligada a negociar una transferencia similar con los británicos, aunque la Brunner, Mond & Co. anunció en Mayo de 1921 que había obtenido a través del gobierno británico las patentes secretas de BASF licenciadas por autoridad del Tratado. Bosch se quejó a Rathenau, que no pudo hacer nada por defender sus intereses; la mejor defensa, una vez más, fue la incompetencia de los químicos británicos, incapaces de poner en marcha el proceso hasta 1924, e incluso entonces lo consiguieron gracias a la colaboración de químicos alsacianos con educación alemana que habían trabajado en BASF durante la guerra.<sup>785</sup>

Uno de los cuestionarios cruciales, el referido a la producción de nítrico para explosivos, fue requerido por los aliados en Enero de 1921. Las empresas alemanas se retrasaron argumentando que se trataba de intermedios de uso civil, mientras que el artículo 172 se refería sólo a productos de guerra. Este y otros cuestionarios relacionados con productos de doble uso tales como el alcohol, la acetona o la glicerina se retrasaron hasta Agosto del mismo año.<sup>786</sup> Ese mismo mes responsables del gobierno y el ejército alemanes se reunieron con representantes de las principales empresas químicas reiterándoles que los aliados tenían derecho tan sólo a la

---

<sup>785</sup> Meinzer en Travis et.al.(1998), pp. 55 y sigus.

<sup>786</sup> Bingham (1924), p. 752

información correspondiente a productos de guerra terminados y utilizados directamente en la fabricación de armamento. Los industriales, pues, mantuvieron su postura ante los inspectores, que ya no pudieron insistir en su petición de información sobre nitratos sin despertar sospechas de espionaje industrial. Para evitar crear sospechas sobre cuestiones que los aliados aún no conocían los alemanes extremaron su cuidado en mantener todas sus respuestas tan consistentes y concisas como era posible. Los inspectores, molestos con las acusaciones de espionaje, evitaron entrar en áreas que las compañías consideraban sensibles, y se conformaron con las visualmente espectaculares labores de desmantelamiento de instalaciones construidas durante la guerra para fabricas explosivos y armas químicas. Con este espíritu de colaboración los comisionados mantenían contentos a sus gobiernos mientras las químicas alemanas conservaban buena parte de sus capacidades, como por ejemplo la fabricación de fosgeno y tiodiglicol para el índigo, utilizados durante la guerra como gas tóxico e intermedio para la “mostaza” respectivamente. A mediados de 1922 la MICC reclamó y obtuvo su último paquete de cuestionarios y planos de planta. Los aliados habían reclamado una enorme cantidad de información que les habría proporcionado una imagen detallada del estado de la industria química alemana suponiendo que ésta hubiera respondido sin restricciones. La MICC podría haber comprobado los datos forzando inspecciones completas, pero se conformó ante la evidente precisión de los datos aportados, a pesar de su parcialidad.<sup>787</sup>

En 1923, con la ocupación francesa del Ruhr, las inspecciones cesaron abruptamente. La hiperinflación estaba llegando a su punto máximo y los franceses querían oro mientras en Alemania se podían pagar las hipotecas de preguerra con sellos de correos. Alemania respondió con una combinación de resistencia pasiva e intimidación activa mediante el sabotaje y el bloqueo total de las inspecciones. Cuando la situación se calmó, ya a finales de 1924, la

---

<sup>787</sup> McLeod, Johnson (2006), pp.235-7.

MICC reanudó las inspecciones, aunque ya nunca alcanzaron la intensidad anterior, decayendo paulatinamente hasta cesar por completo en 1927. Una de las últimas actividades del MICC consistió en asegurarse de que las fábricas de explosivos del ejército eran demolidas; la mayoría de ellas habían sido privatizadas precipitadamente en 1919 a favor de una compañía llamada Deutsche Werke AG, que ahora alegaba haber transformado todas las instalaciones a fines comerciales. El doble uso hacía, una vez más, imposible impedir pacíficamente que Alemania perdiera su capacidad para sostener una posible producción de guerra.<sup>788</sup>

Como resulta evidente a la vista del programa iniciado con la toma nazi del poder en 1933, a la larga los aliados fracasaron en sus intentos por prevenir el rearme alemán, pero ahora podemos entender porqué sucedió esto en el campo de la industria química. La MICC falló por cuatro causas principales.<sup>789</sup> Primero, carecía de la infraestructura, la inteligencia y los poderes de sanción necesarios. Estas carencias no resultan sorprendentes dada la falta de precedentes para un desarme forzado de esta envergadura y sin contar con una ocupación militar completa. Segundo, franceses y británicos nunca llegaron a un acuerdo acerca del desarme químico, trabajando a menudo en detrimento mutuo; los alemanes supieron sacar partido de estos desacuerdos. Tercero, existía un error de principio en el Tratado de Versalles, que aquí se reflejaba en forma del dilema de la tecnología de doble uso; este argumento permitió a Alemania mantener intactas casi todas las plantas que habían participado en el esfuerzo de guerra, no sólo las dedicadas a *Ersatz* sino también aquellas capaces de producir explosivos y propelentes. Por último, la MICC no supo reconocer el efecto estimulante de su trabajo; el Tratado y las inspecciones tuvieron la imprevista

---

<sup>788</sup> Meinzer en Travis et.al. (1998). pp. 62-3.

<sup>789</sup> Me adhiero a las conclusiones de McLeod, Jonson (2006), pp. 238-40.

consecuencia de prolongar las tensiones de guerra y fortalecer la colaboración entre las empresas alemanas, así como entre estas y su gobierno.

Por otro lado, en lo que se refiere a la obtención de información tecnológica, a mediados de los años veinte las industrias estadounidenses, británicas y francesas estaban desarrollando sus propios procesos sintéticos competitivos en tintes, medicamentos, alta presión, combustibles y catálisis. La licencia y confiscación de patentes se reveló como un método más eficaz de obtener tecnología que los cuestionarios y las inspecciones. El mercado se saturó rápidamente y su estabilización vino sólo a partir de la concentración de las empresas para formar cárteles<sup>790</sup>. La MICC obtuvo un éxito total de transferencia tecnológica sólo en los limitados campos de explosivos y armamento químico, que no ofrecieron ninguna ventaja a la industria de los países aliados. En definitiva, la comisión no desmanteló la industria alemana, tal y como Francia habría deseado, ni redujo la competitividad de sus empresas, como esperaba Gran Bretaña. Quizá el único resultado realmente positivo de la MICC fue crear un marco de control para las armas químicas que contribuyó a generar una atmósfera de “no usar primero”, al menos en Europa. Para sorpresa de muchos, el gas mostaza y el Tabún no cubrieron Europa en 1939, a pesar de las masivas preparaciones que se hicieron para su uso y defensa a lo largo de los años treinta. Por desgracia, no se puede decir lo mismo de China o el norte de África durante las guerras de Manchuria o el Rif, ni de tantos otros conflictos tristemente famosos a lo largo del siglo XX.<sup>791</sup> A pesar de que las lecciones aprendidas en 1919-27 van quedando ya muy atrás, los métodos de control y desarme evolucionan lentamente y no siempre convienen a todas las partes interesadas.

---

<sup>790</sup> La constitución definitiva de la IG Farben y su organización se describe en Marsch (1994), pp. 36-59. Para empresas de otros países consultar Haber (1971) cap. 9. Específicamente en Estados Unidos, Steen en Lesch (2000), pp. 323-46.

<sup>791</sup> Sánchez Ron (2007), pp.554-7 y Haber (1986), pp.324 y sigus.

Mientras tanto, en Estados Unidos, los químicos (y con ello nos referimos a partir de ahora al conjunto de químicos académicos y científicos del *National Research Council* que habían participado en el proyecto de guerra química, al lobby de la industria y a los mandos del *Chemical Warfare Service*) se disponían a defender sus conquistas:

“La *American Chemical Society* siente un orgullo particular por el *Chemical Warfare Service*. Fue muy activa en su creación y tiene una responsabilidad en su futuro”,

se podía leer en la editorial del *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* n.14 de 1922. En Junio de 1919 el CWS se había reducido a 328 oficiales y 261 soldados (desde los 1.680 oficiales y 18.838 soldados a 11 de Noviembre de 1918, día del armisticio)<sup>792</sup>. Una desmovilización tan rápida alarmó a los químicos; aunque, en consonancia con las tradiciones estadounidenses, una desmovilización masiva y rápida era lo normal,<sup>793</sup> todo presagiaba que el Departamento de Guerra había decidido disolver el Servicio de Guerra Química. La orden que establecía el CWS como cuerpo de ejército independiente en Julio de 1918 preveía su disolución seis meses después del cese de las hostilidades.<sup>794</sup> Tanto el secretario de guerra, Newton D. Baker, como el general en jefe del Ejército, Peyton C. March, que no veían con buenos ojos el nuevo arma, se oponían a su continuidad. En su comparecencia ante el Congreso en Septiembre de 1919, March declaró:

---

<sup>792</sup> US War Department, *Report of the Chief of the Chemical Warfare Service 30 June 1919*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C, 1920, p.15.

<sup>793</sup> Koistinen (1997), cap. 12

<sup>794</sup> Bancroft (1919).

“El Departamento de Guerra propone que en vez de tener un cuerpo denominado *Chemical Warfare Service* que tenga necesariamente que ser, en tiempo de paz, una organización de profesores de universidad y científicos, esta competencia se subsuma en el cuerpo de ingenieros.”<sup>795</sup>

Para March, la creciente influencia de la ciencia y la tecnología en el Ejército no significaba sólo que éste tendría nuevas responsabilidades en la formación y entrenamiento de sus oficiales, sino también que necesitaría contar de forma permanente con profesionales civiles para llevar a cabo tareas complejas, así como depender de forma permanente de contratos con la industria química civil. Por su parte el General William L. Siebert, jefe del CWS desde su formación hasta el final de Febrero de 1920, defendió la continuidad del Servicio argumentando que era necesario mantener el contacto con el “mundo de la química” y contar con el trabajo de “químicos distinguidos” en comisión de servicios (es decir, de uniforme) para asegurar el secreto de las investigaciones y no tener que volver a recurrir abiertamente y de forma improvisada a personal no militar. Siebert añadió que “el gas será utilizado sin duda en el futuro porque ningún arma exitosa ha sido nunca abandonada por naciones en lucha por su existencia” y que “una industria química diversificada y próspera representa un papel clave en la preparación de las naciones para la guerra contemporánea.”<sup>796</sup> Treinta años antes de la política de armas nucleares de la Guerra Fría, el CWS comprendía que su misión era la disuasión por miedo a la represalia; bien para disuadir al enemigo de la utilización de armas químicas, bien para disuadirlo de la utilización de la fuerza en absoluto.

El Congreso tomó su decisión en Junio de 1920: El CWS, aunque muy reducido en presupuesto y personal, permanecería como cuerpo de ejército. La nueva Ley de Defensa Nacional autorizaba un CWS de 100 oficiales y

---

<sup>795</sup> U.S. Senate, Hearings, 66th Congress, 1st Session, 19 de Agosto de 1919, p.93.

<sup>796</sup> U.S. Senate, Hearings, 66th Congress, 1st Session, 19 de Agosto de 1919, p.95.

1.200 soldados con la tarea de proporcionar entrenamiento para la guerra química al resto de los servicios, mantener abiertas las vías para producir materiales tóxicos, incendiarios y generadores de humo en caso de guerra y la organización, entrenamiento y operación de tropas capaces de utilizarlas.<sup>797</sup> Muy poco personal y muy poco presupuesto para unas tareas ingentes y caras, pero el cuerpo había sobrevivido. En el resultado de la votación tuvo mucho que ver la creencia de que era necesario mantener cierto estado de preparación para la guerra química; creencia sin duda influenciada por la campaña de presión individual sobre los congresistas y de propaganda sobre la opinión pública, puesta en marcha por el lobby de la industria química, como vimos más arriba.<sup>798</sup> La política de guerra química que siguió el Gobierno de Estados Unidos en el periodo de entreguerras vino marcada por aquella votación: Edgewood debería mantenerse en un estado tal que fuera capaz de reanudar la producción de agentes tóxicos rápidamente en caso de guerra y las compañías químicas, autoproclamadas como estratégicas, deberían dar cuenta de sus privilegios manteniendo siempre la capacidad de producir los productos químicos precursores necesarios sin excesiva demora. Cuando un área esencial de la industria necesitó de algún tipo de protección especial por parte del gobierno, casi siempre la obtuvo.<sup>799</sup>

El principal organizador de las fuerzas que ganaron el voto de los congresistas para el CWS fue el General de Brigada Amos A. Fries, a cargo de la fuerza expedicionaria del CWS en Europa durante la la guerra y sustituto de Siebert al frente del Servicio en 1920. Fries mantuvo ese cargo hasta 1929, posición desde la cual consiguió establecer un sistema de relaciones de trabajo efectivas entre el CWS y muchos químicos académicos e industriales del país. Su primer gran proyecto común fue precisamente la campaña de propaganda

---

<sup>797</sup> Haber (1986), p. 301.

<sup>798</sup> Jenkins (2002), caps.1 y 3.

<sup>799</sup> Brown (1968), pp. 56 y sigus.



financiada por DuPont a favor de los aranceles sobre importaciones de productos químicos, de la confiscación permanente de las patentes alemanas y de la continuidad del CWS. Además de DuPont, contibuyeron a la campaña muchos químicos que habían servido en la American University durante la guerra, así como la *American Chemical Society* a título oficial. En el contexto de la campaña, en 1921, el General Amos A. Fries y el Mayor Clarence West publicaron un libro titulado *Chemical Warfare* en el que hacían apología de su postura y preveían para el futuro de la guerra un empleo ilimitado de armamento químico.<sup>800</sup> Su principal oposición en esta campaña no fueron sin embargo los militares “chapados a la antigua” como March, sino el creciente movimiento a favor de la prohibición de la guerra química mediante tratados internacionales.<sup>801</sup>

Desde que los horrores del ataque alemán en Ypres llegaron a oídos del público estadounidense amplificados a través de las crónicas de los corresponsales británicos, el público asociaba la química con la inhumanidad de la guerra contemporánea. Cuando los aliados comenzaron a utilizar gases tóxicos, estos ataques se calificaron de represalia justificada y las descripciones de los horrores del gas desaparecieron de los noticiarios. Cuando la Fuerza Expedicionaria estadounidense comenzó a utilizar gas, el evento se calificó de “gran triunfo de la técnica americana”, y la prensa habló con orgullo de los logros de la ciencia nacional y el CWS<sup>802</sup>. Pese a estos “esfuerzos”, tras el armisticio las organizaciones pacifistas y los movimientos pro- desarme se centraron especialmente en la guerra química. La tarea de Fries era hacer que el público tomara conciencia de la necesidad de continuar manteniendo el CWS en una época en la que el sentimiento predominante entre ese público, que nunca había sido muy favorable a la intervención, era

---

<sup>800</sup> Fries, West (1921).

<sup>801</sup> Irwin (1921).

<sup>802</sup> New York Times, 21 de Septiembre de 1917, p.6.

de vuelta a la normalidad. Este sentimiento quedó perfectamente reflejado en la oposición general a la ratificación del Tratado de Versalles, que hubiera implicado a Estados Unidos aún más profundamente en los asuntos del mundo.<sup>803</sup>

Entre 1919 y 1921 casi todos los editoriales del *Journal of Industrial and Engineerig Chemistry* (publicación de la *American Chemical Society*) incluían una llamada a la continuidad del CWS, los aranceles o la confiscación de patentes<sup>804</sup>. El más estridente de ellos, en Enero de 1920, cerraba con una llamada a todos los químicos del país:

“La responsabilidad en esta materia recae principalmente sobre nosotros. Contamos con socios en cada distrito electoral: hagamos que nuestra gente y nuestros congresistas sepan lo que significa este nuevo movimiento.”<sup>805</sup>

La editorial del siguiente mes afirmaba:

“Vuestro apoyo público ahora, compañeros químicos, es muy valioso... ¡Todos unidos por la seguridad y la independencia económica de América!”.

Cuando el General Fries se convirtió en jefe del Servicio en Marzo de 1920, la ACS le aseguró que podía contar con “el apoyo entusiasta de los químicos civiles del país.”<sup>806</sup> En su discurso ante la reunión anual de la ACS en Abril, Fries aseguró que el CWS mantendría un laboratorio de investigación en la planta de Edgewood dispuesto para explorar las sugerencias de los químicos en activo en universidades o industrias, y expresó su confianza en poder encargar trabajos a sus respectivos laboratorios a través

---

<sup>803</sup> Jones (1969), pp. 166-91.

<sup>804</sup> JIEC, nos. recopilatorios anuales 11, 12 y 13, 1919-1921. La JIEC era una publicación mensual que actualmente se puede encontrar en los archivos digitales ordenada en volúmenes anuales.

<sup>805</sup> JIEC no.12 (1920), *Chemical Warfare Service Endangered*, Editorial, p.3.

<sup>806</sup> JIEC no. 12 (1920), p.314.

de la Asociación.<sup>807</sup> En consonancia con estas ideas continuistas con las relaciones establecidas durante la guerra, el CWS estableció una política reglamentada de cooperación con entidades externas, engrasada en la práctica por la actividad de antiguos miembros comisionarios del CWS o el NRC. Por su parte, la ACS formó en Septiembre de 1920 una junta encargada de asesorar al CWS, conectado de forma efectiva al servicio militar con los químicos de los principales laboratorios civiles de Estados Unidos. Entre ellos destacaban profesionales de las Universidades de Cornell, Harvard, Chicago, Winsconsin, Johns Hopkins, el MIT, el Laboratorio Nacional de Fijación de Nitrógeno, DuPont o National Aniline & Chemical Co.<sup>808</sup>

La campaña de los químicos para influenciar al público general en favor de la continuidad del CWS se dirigió inicialmente a superar el estigma del gas como arma especialmente inhumana. Durante los últimos meses de la guerra, el propio CWS había propiciado los rumores de un nuevo gas extremadamente potente que iba a decidir el resultado de la contienda (la Lewisita), sugiriendo también la posibilidad de ataques aéreos sobre las ciudades enemigas.<sup>809</sup> Aunque estos rumores pudieron tener su valor propagandístico durante la guerra, tras ella no hacían sino aumentar el miedo de que la guerra química pudiera utilizarse contra los no combatientes en futuros conflictos. En una carta al Washington Post, Fries declaraba:

“Ese tipo de afirmaciones en la prensa crean un sentimiento de pánico acerca de esta nueva y más humana arma de guerra, en detrimento de los intereses de la preparación nacional [para la guerra]... Sembrando la semilla del pánico cosecharemos un resultado correspondiente en tiempos de guerra.”<sup>810</sup>

---

<sup>807</sup> A.A. Fries, Chemical Warfare, JIEC 12 (1920), p.427.

<sup>808</sup> Jones (1969), p. 176.

<sup>809</sup> Jenkins (2002), cap.11.

<sup>810</sup> Washington Post, carta al Editor, 8 de Junio de 1925.

La táctica de la campaña fue presentar los gases como el arma más humana de la guerra, para lo que se esgrimieron las estadísticas de muertos en relación a los heridos (una proporción mucho más baja que la de las armas convencionales).<sup>811</sup> En un discurso del 18 de Noviembre de 1924 titulado “Ciencia y Guerra” Norris F. Hall, miembro del departamento de química de la Universidad de Harvard (de la que el ex CWS J.B. Conant era ya presidente) y delegado en la junta asesora de la ACS para el CWS, sostuvo:

“No podemos aceptar de forma acrítica nuestra primera reacción involuntaria de aversión ante estos métodos de guerra. ¿Acaso no se debe nuestro sentimiento más a la novedad que a los efectos reales del método? En la Gran Guerra, tal y como demuestran las estadísticas, un hombre gaseado tenía doce veces más oportunidades de recuperarse por completo que un hombre herido por la metralla o los explosivos. Un hombre que haya sufrido de ambos testificará que el gas es menos doloroso que las heridas. Más aún, siempre existe la posibilidad de encontrar un gas que asegure la victoria sin matar, algo totalmente imposible con otras armas de guerra.”<sup>812</sup>

No es casualidad que en 1924 comenzaran las ejecuciones en cámara de gas (ácido cianhídrico) en Estados Unidos. Entre los observadores de las primeras ejecuciones por este método se encontraban químicos del CWS y médicos militares que, aseguraron en prensa, se trataba de un método más humano que cualquier otro utilizado hasta entonces. Como era previsible estas opiniones gozaron de un gran eco en la prensa, colaborando indirectamente con la campaña de opinión en marcha.<sup>813</sup>

El argumento más convincente a favor de la continuidad del CWS fue sin duda el esgrimido con éxito durante las audiencias del Congreso: La

---

<sup>811</sup> Brown (1968), cap. 2.B.

<sup>812</sup> Hall (1925), p. 34.

<sup>813</sup> San Francisco Chronicle, 8 de Febrero de 1924, p. 5 y 9 de Febrero de 1924, p. 5. New York Times, 9 de Febrero de 1924, p.15.

necesidad de mantener un estado mínimo de preparación militar para la guerra química. En esta línea argumental, el CWS y la industria química eran aliados naturales. Recordemos que la *Chemical Foundation* (CF) era una corporación formada por el *American Dye Institute* y la *American Manufacturing Chemists Association* a petición del Custodio de la Propiedad Enemiga, Francis Garvan, para comprar las patentes alemanas confiscadas por la Ley de Comercio con el Enemigo. Entre 1919 y 1925 la *Chemical Foundation* (CF) publicó un gran número de libros y panfletos explicando la estrecha conexión existente entre una potente industria de tintes y la capacidad para librar una guerra química. El General Fries, en apoyo del embargo sobre las importaciones de tintes alemanes ante el comité de finanzas del Senado en 1921, señaló que si los Estados Unidos querían mantener la capacidad de utilizar gases venenosos en guerra, una industria química fuerte y avanzada era esencial para la seguridad del país<sup>814</sup>.

Sin embargo, la propaganda de la industria a través de la CF no consiguió sino incrementar el miedo y el rechazo del público hacia las armas químicas. Uno de los argumentos fundamentales de la campaña fue el papel protagonista que las armas químicas desempeñarían en las guerras del futuro. En conjugación con las proclamas a favor del poder aéreo que por entonces hacía el General William Mitchell (jefe del cuerpo aéreo del Ejército durante la guerra), el público no tardó en imaginar que en la próxima guerra las ciudades serían gaseadas desde el aire con consecuencias fatales para sus habitantes, lo que ayudó a despertar un fuerte sentimiento contra la guerra química, plasmado en los esfuerzos por prohibirla de las conferencias de Washington (1922) y Ginebra (1925), así como en las doce ediciones que, sólo en 1921, se vendieron del libro icónico del movimiento pro-desarme:

---

<sup>814</sup> Fries (1921): *Chemical Foundation, Testimony of the Army and Navy on True Preparedness*. Sobre la cooperación de la CF, Jones (1969), p.181 y sigus.

*Next War: An Appeal to Common Sense* (“La próxima guerra: apelación al sentido común”), de William Irwin<sup>815</sup>.

La conferencia sobre control de armamentos de Washington fue convocada por el Gobierno de los Estados Unidos con el fin de aliviar la carga presupuestaria que suponía mantener un estado de movilización y producción superiores a los acostumbrados por el ejecutivo norteamericano antes de la guerra. La prohibición de la guerra química se consideró a partir del 6 de Enero de 1922, en el decimosexto encuentro del Comité para la Limitación de Armamentos compuesto por representantes de Estados Unidos, Gran Bretaña, Francia, Italia y Japón<sup>816</sup>. A lo largo del mes de Enero se mantuvo un intenso debate dentro de la propia delegación estadounidense, entre el comité de expertos dirigido por el General Fries y el presidente de la ACS (Edgar F. Smith) y miembros del comité asesor elegidos por el Presidente Harding, oficiales del Ejército y la Armada. El comité de expertos defendía la postura oficial del CWS:

“Resulta imposible prohibir, restringir o supervisar investigaciones que dieran como resultado, siquiera secundario, nuevos gases de guerra. Debido al creciente uso civil e industrial de gases tóxicos o sustancias que pudieran ser utilizadas en su producción, resulta en la práctica imposible restringir la fabricación de gases de guerra... Este comité es de la opinión que la única limitación practicable es la prohibición del uso de gases contra áreas urbanas y otros grupos de no combatientes, al igual que con el alto explosivo.”<sup>817</sup>

Son los mismo argumentos que venía esgrimiendo Fries para contrarrestar la creciente presión de la opinión pública contra la guerra

---

<sup>815</sup> Irwin (1921). Ver también Jenkins (2002), caps.1 y 11.

<sup>816</sup> En lo que se refiere a la Conferencia de Washington, Brown (1968), cap. 2.C

<sup>817</sup> Reports of the Conference on the Limitation of Armament, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., (1922), p.719.

química. Otro de los argumentos preferidos del General, que utilizaba desde principios de 1919, era que

“Siendo el más científico de los métodos de guerra, la guerra química otorga a la nación más científica e inventiva una gran ventaja sobre otras naciones no tan favorecidas.”<sup>818</sup>

La guerra del futuro se contemplaba como una contienda entre los recursos científicos e industriales de las naciones, no entre el tamaño de sus ejércitos. La guerra química, por lo tanto, era la esperanza de que las reindas de la civilización se encontraran más seguras entre las manos de las naciones más inteligentes; cualquier intento de limitar la guerra a las armas convencionales era un atentado contra esta esperanza. Fries también argumentaba, de forma un tanto contradictoria, que

“Cada avance científico que haga la guerra más universal la hace también más intolerable, favoreciendo así la paz permanente.”<sup>819</sup>

En un artículo para la revista generalista de gran tirada *Illustrated World*, Fries llamaba la atención hacia el hecho de que ningún arma de guerra había sido abandonada, una vez probado su poder, hasta quedar obsoleta, recalcando que el descuido de las armas químicas pondría a una nación que cumple su palabra a merced de otras que no lo hicieran.<sup>820</sup>

La ACS proveía también de lecturas acerca de la necesidad de una preparación permanente para la guerra química a los profesores y reclutas de las academias de West Point y Anápolis, y muchos químicos hicieron también sus aportaciones a título personal en defensa del CWS.<sup>821</sup> W. Lee Lewis, que había vuelto a su puesto a la Northwestern University al acabar la guerra,

---

<sup>818</sup> A.A. Fries, *The humanity of poison gas*, Chemical Warfare no.11 (1919), p.12.

<sup>819</sup> *Ibid.*, p.13.

<sup>820</sup> A.A. Fries, *Disarmament and Poison Gas*, *Illustrated World* 36 (1921), p. 354.

<sup>821</sup> Jones (1969), p.186.

escribía en *Atlantic Monthly*, en plena Conferencia de Washington y con argumentos que recuerdan al colonialismo decimonónico:

“... la guerra científica puede estar más cerca del lado del bien porque los avances científicos caracterizan a una nación inteligente y tal nación, presumiblemente, optará por las opciones correctas con más frecuencia que por las equivocadas.”<sup>822</sup>

A pesar de todos estos esfuerzos, y en consonancia con la propuesta de la mayoría de la delegación estadounidense, la Conferencia resultó en un tratado en el que se prohibía “el uso en guerra de gases venenosos y asfixiantes, así como todos los líquidos, sustancias, materiales o artefactos análogos.”<sup>823</sup> El parlamento francés se negó posteriormente a ratificarlo, por lo que el tratado nunca llegó a estar en vigor, lo que salvó de nuevo al CWS de ser disuelto. Sin embargo, el Departamento de Guerra procedió a un nuevo recorte de sus presupuestos y competencias, que en teoría pasaban a ser meramente defensivas<sup>824</sup>. Considerando los motivos del resultado de la conferencia de desarme de Washington, el químico H.B.S. Haldane opinaba:

“En primer lugar debemos mencionar la completa y vergonzosa ignorancia de la mayoría de los políticos y de muchos de los soldados que tomaron parte en la Conferencia. Sus ideas sobre la guerra química fueron deducidas, evidentemente, de las descripciones de los grandes ataques alemanes con nubes de gas en 1915, ataques en los que fallecieron, por lo menos, una cuarta parte de las bajas y que fueron descritos, en general, con fines políticos y de reclutamiento. Pero parece natural que los políticos y los soldados (e incluso los periodistas) averigüen la verdad acerca de tales materias antes de tomar resoluciones por sí mismos o inducir a los demás a

---

<sup>822</sup> W.L. Lewis, *Is prohibition of gas warfare feasible?*, *Atlantic Monthly* 129 (1922), p.837.

<sup>823</sup> Reports of the Conference on the Limitation of Armament, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., (1922), p. 1609.

<sup>824</sup> Brown (1968), p.93.



tomarlas. A esta ignorancia, sin embargo, se añade una de las más repugnantes formas de sentimentalismo que hay sobre la tierra: El apego de los militares profesionales a crueles y anticuadas máquinas mortíferas.”<sup>825</sup>

Entre 1922 y 1925, cuando la Conferencia de Ginebra volvió a prohibir la utilización de armas químicas, el General Fries redobló sus esfuerzos por implicar a los químicos en el intento de cambiar la mentalidad general hacia los gases. Aunque para entonces las grandes industrias estaban ya perdiendo interés en la campaña, una vez que se habían asegurado los aranceles y las patentes, en los meses previos a esta segunda conferencia los periódicos estadounidenses se llenaron de cartas al editor remitidas por químicos civiles de la ACS, muchos de los cuales habían servido en los laboratorios de la American University durante la guerra. Contradiciendo habitualmente la línea editorial de los propios diarios, que normalmente se alineaba con el sentimiento general en contra de las armas químicas, los químicos civiles defendían el deber patriótico de la preparación para la defensa y se envolvían en su autoridad de expertos para abogar a favor de la permanencia del CWS y la apuesta por los gases como arma de futuro. Muchos de ellos se opusieron públicamente a la ratificación del Protocolo de Ginebra.<sup>826</sup> En un discurso pronunciado en Atlanta en nombre de la ACS, W.K. Lewis, del MIT, tras explicar sus razones con argumentos del tipo que ya se ha comentado más arriba, enfatizaba su oposición a la ratificación al tratado:

“Estamos en contra y dado que nosotros, en razón de nuestra formación y experiencia profesional como ingenieros químicos, sentimos que

---

<sup>825</sup> Haldane (1926), pp. 41-2.

<sup>826</sup> Jones (1969), pp. 187 y sigus.

tenemos el derecho de hablar con autoridad sobre esta materia, apelamos a vosotros como compañeros ciudadanos para que os opongáis también.”<sup>827</sup>

Una medida del éxito obtenido por la campaña de Fries es el hecho de que Estados Unidos no ratificara entonces el protocolo de Ginebra sobre guerra química, de forma que hasta su adhesión en 1974, tras la guerra de Vietnam, este país no estuvo comprometido por ningún acuerdo internacional que prohíba el uso de armas químicas en guerra<sup>828</sup>.

A partir de ese momento uno de los principales ejes de la campaña fue mostrar la utilidad del *Chemical Warfare Service* para el interés general de la nación, publicitando los proyectos de utilidad civil administrados por el Servicio. Al finalizar la guerra el General Siebert ordenó la publicación de todos los trabajos de investigación de interés para la ciencia o con posibles aplicaciones industriales. En consecuencia, durante 1919 y 1920, la publicación mensual de la *American Chemical Society (Journal of Industrial and Engineering Chemistry, JIEC)* incluyó una sección especial titulada “Contributions from the Chemical Warfare Service, U.S.A”.<sup>829</sup> El primer proyecto del CWS durante la posguerra que se publicitó generosamente fue la investigación médica acerca de la posibilidad de utilizar Cloro para tratar enfermedades respiratorias, que se puso en marcha al observar que ninguno de los trabajadores en la planta de Cloro de Edgewood contrajo la Gripe Española durante la epidemia de 1917-18. Después de que el Presidente Calvin Coolidge recibiera su tratamiento con Cloro en Mayo de 1924 y declarara que se había curado instantáneamente de su gripe, las visitas a la cámara de Cloro se pusieron de moda. Más de 3.500 personas fueron tratadas con Cloro en instituciones públicas y muchos médicos privados se hicieron

---

<sup>827</sup> W.K. Lewis, *Chemistry and National Defense address in Atlanta*, citado por el propio Lewis en *Poison Gas and Pacifists*, *The Independent* 115 (1925), p.308.

<sup>828</sup> Haber (1986), pp. 295-6.

<sup>829</sup> Jones (1969), pp.191 y sigus.

con pequeños respiradores. No se emplearon controles ni tests de laboratorio; no se realizaron exámenes médicos sistemáticos y en todos los casos fueron los propios pacientes quienes establecieron su diagnóstico y evaluaron verbalmente el resultado de su tratamiento.<sup>830</sup> Como era de esperar, la moda pasó pronto, pero el terror por el Cloro que el ataque de Ypres de 1915 había despertado entre el gran público, cesó.

Tampoco tuvieron mucho éxito práctico los intentos de obtener pesticidas comerciales para las cosechas de algodón o los parásitos marinos a partir de gases utilizados en la guerra. Los únicos “proyectos de paz” que lograron cierta utilidad práctica fueron la adaptación de las máscaras de gas a trabajos industriales y la adaptación de varios gases lacrimógenos para su uso policial en el control de disturbios.<sup>831</sup> En todo caso, estos trabajos permitieron al CWS contar con partidas presupuestarias adicionales de otras agencias del gobierno que posibilitaron el mantenimiento de un pequeño pero activo grupo de investigación en el arsenal de Edgewood. Y lo que fue quizá más relevante: la publicidad magnificada de estos más que modestos resultados ayudó a mitigar el miedo de la opinión pública por las armas químicas, dando la impresión de que se podían manejar con seguridad.<sup>832</sup> Los químicos civiles estadounidenses mantuvieron su alianza con el CWS a lo largo de los años veinte y principios de los treinta, y fue en gran parte gracias a sus esfuerzos como la opinión pública fué aceptando paulatinamente la continuidad en tiempos de paz de un servicio dedicado exclusivamente a la guerra química, y finalmente la posible utilización de armas químicas contra la población civil como una circunstancia posible y justificable en una guerra. El mecanismo de cooperación entre la ciencia civil y las necesidades militares había sobrevivido al final de la Gran Guerra.

---

<sup>830</sup> *Ibid.*, pp. 192-5.

<sup>831</sup> *Ibid.*, p. 198.

<sup>832</sup> Brown (1968), caps. 2.D y 3.A.

También consiguió sobrevivir, a pesar de las dificultades, el sistema de investigación alemán. Para Alemania la derrota supuso una debacle política, moral y económica, pero tuvo el paradójico efecto de afirmar las ideas del grupo de químicos de la KWG acerca de la organización y orientación de la ciencia nacional. El sistema de investigación forjado durante la guerra siguió funcionando, disminuido y en la sombra, durante los peores momentos de la derrota, y estaría preparado para reaparecer en el momento oportuno. Del mismo modo en el campo industrial, las condiciones tanto nacionales como internacionales que trajo la posguerra propiciaron la realización del viejo sueño de Carl Duisberg: Un conglomerado (I.G. Farben) que aglutinara a las principales empresas químicas alemanas, aprovechara las sinergias económicas y científicas y fuera capaz de competir en el nuevo escenario internacional con los grupos análogos que se estaban formando en otros países.

En lo que respecta a los auténticos vencedores de la guerra a largo plazo, los Estados Unidos, me veo tentado de plantear el clásico contrafáctico: ¿Qué habría sucedido de no haber tenido lugar la guerra? ¿Se habría desarrollado su industria química por la vía de la investigación científica y la innovación tecnológica que la caracterizaron en el periodo de entreguerras? Además de imposibles de contestar, quizá estas preguntas no sean tan interesantes como aparentan, puesto que aquí defiendo que fue la guerra el hecho determinante, no contingente, en el desarrollo de un sistema de investigación industrial y un complejo de relaciones ciencia-industria-gobierno en los Estados Unidos. Lo verdaderamente interesante, según esta perspectiva, es analizar las consecuencias de las políticas científicas en ambos países a consecuencia de la guerra, y no a pesar de ella. Es lo que he intentado hacer a lo largo de esta última parte del ensayo.

Comparando ahora el aprovechamiento que los aliados hicieron del desarme químico alemán, parece que fue también Estados Unidos el país que mejor supo aprovechar el éxito a largo plazo. Frente al arcaísmo de Francia, obsesionada con las reparaciones y el territorio; frente a la relativa pasividad de Gran Bretaña, capaz de importar tecnología pero no de establecer un sistema de investigación propio y dinámico, los estadounidenses supieron ver, quizá gracias a su costumbre de relacionarse con el modelo alemán, que en el siglo XX las patentes, el conocimiento, la industria y los mercados serían el auténtico “territorio conquistado”. Guiados por esa visión, muy similar a la que profesaba la élite científica alemana desde antes de la guerra, administraron su parte de la victoria y configuraron su sistema de investigación en la posguerra, afianzando a partir de la química un embrionario pero reconocible complejo militar-industrial.



## CONCLUSIONES.

Al término esta larga historia, la perspectiva adquirida permite obtener algunas conclusiones finales. Tal y como proponía en la introducción, la relación entre ciencia y guerra parece ir a la par de los procesos de modernización de los sistemas institucionales de investigación. La competencia a nivel internacional por prácticas, protocolos y objetivos normalizados fue la clave del dinamismo institucional en Alemania y Estados Unidos, que se observaron y emularon durante el proceso de despegue hacia el estatus de potencias mundiales. Desde entonces hasta, por lo menos, el final de la Guerra Fría, los intereses de los científicos y la industria con base científica caminaron inexorablemente de la mano con el sistema de estados en conflicto. La tesis planteada en la introducción, la imposibilidad de separar los orígenes de los grandes programas de investigación mixta académica-industrial de la belicosa historia Europea, así como la iniciativa de los científicos en ese origen y en esa historia, parece afirmarse tras examinar los casos alemán y estadounidense en torno a la Gran Guerra. A través de la guerra, la ciencia demostró realmente sus “posibilidades ilimitadas”.

El proceso por el cual Alemania y Estados Unidos se dotaron de un moderno sistema de investigación científica y educación superior ha resultado ser uno de las cuestiones más interesantes y fructíferas, aunque inicialmente lo planteaba sólo como una labor de contextualización. Se ha podido ver como, a lo largo de diferentes fases, ambas naciones se observaron e intentaron emular los aspectos más interesantes y adaptables de su rival en provecho propio. De este modo, en vísperas de la Gran Guerra ambas

contaban con sistemas institucionales de producción de conocimiento análogos, aunque con las diferencias esperables debidas a sus respectivas idiosincrasias. En virtud de su mayor integración y nivel de conciencia como órgano al servicio de la nación, el sistema alemán fue capaz de responder mejor y más rápido a las necesidades impuestas por la guerra. No en vano un posible horizonte bélico estaba más presente, desde antiguo, en la mente de los científicos alemanes (pienso en los padres de la KWG) que en la de los estadounidenses, que podían sentirse más seguros gracias a su aislamiento geográfico y sus tradiciones políticas. La experiencia de la Primera Guerra Mundial cambiaría por completo esa tradición norteamericana de “volver a casa” tras una guerra, de desmovilizarse completamente en tiempos de paz. Como argumenta Koistinen en su tercer volumen de la serie “La economía política de las guerras americanas”<sup>833</sup>, en el periodo de entreguerras no se olvidaron las lecciones de 1917-18; la ideología “preparedness” había demostrado el realismo de sus tesis y los discípulos de Hale, Root, Coffin o Fries lograron mantener una base de movilización en tiempos de paz, análoga a la que de forma más o menos consciente habían preparado los alemanes antes de la Gran Guerra. Este resultado se puede entender como una nueva fase en el dilatado proceso de emulación mutua entre Alemania y Estados Unidos. La percepción de los estadounidenses fue que, sin duda alguna, Alemania había preparado su movilización científica; de lo contrario no habría logrado semejantes éxitos en la guerra y la industria químicas. En virtud de esa percepción, los líderes de la ciencia americana concluyeron que era necesario mantener un sistema nacional de investigación organizado, activo en su servicio a la industria y el estado, consciente de su importancia y dispuesto para futuras eventualidades. Esta vez, la guerra se había ganado sin que resultara determinante la intervención de la ciencia, pero sin ella se podía perder la paz. Por su parte, Alemania se hizo plenamente consciente del

---

<sup>833</sup> Koistinen (1998).



potencial científico y económico estadounidense e intentó mantener, a pesar de la derrota, la trayectoria y los principios de 1914 en lo que se refiere a la organización de la investigación científica. Resulta también significativo el hecho de que, en ambos países, fueron científicos civiles quienes tomaron la iniciativa de la movilización de la ciencia, cumpliendo el papel de ideólogos de un sistema de relaciones que más tarde se conocería como complejo militar-industrial. Más abajo se abundará en este último punto.

En lo que se refiere a la guerra química, los resultados en el frente vinieron a confirmar la validez de la idea “preparedness”. A pesar de que no resultó ser el arma decisiva que Haber había imaginado, Alemania consiguió desarrollar con éxito su programa e ir siempre por delante de los aliados en este frente gracias a su base previa tanto científica como industrial, mientras que el programa estadounidense fracasó por la carencia de esos mismos elementos. Sin embargo, el trabajo de los responsables norteamericanos, intentado improvisar todo un sistema de investigación y producción, no fue un esfuerzo vano. Al igual que en el caso de la organización de la ciencia, el campo de la guerra química quedaría planteado y la experiencia adquirida para el futuro (finalmente no se disolvió el CWS). Se puede entender la política de desarme preconizada por Estados Unidos en la posguerra como una consecuencia de sus ideas avanzadas en cuanto a lo que suponía aprovechar el éxito militar: Hacerse con el conocimiento, la tecnología y las capacidades industriales del enemigo, por encima del territorio o las reparaciones. Los esfuerzos del “lobby químico” por asegurar la propiedad de las patentes alemanas, mantener activo el CWS, proteger el desarrollo de la industria nacional mediante aranceles y “educar” al público y las élites norteamericanas en el carácter estratégico de la química se pueden comprender también como un paso más, en este caso el del vencedor sobre el vencido, en los intentos de emulación de las políticas científicas alemanas.

Atendiendo ahora a la industria química, se ha podido comprobar cómo la relación entre ambas naciones era tenue en este campo antes de la guerra: La coyuntura del mercado internacional hacía que resultara poco tentador para la industria norteamericana intentar emular las capacidades de su homóloga alemana. Sin embargo, una vez iniciada la contienda, la percepción de la ventaja alemana fue muy intensa, así como la realidad del desabastecimiento por la interrupción de las importaciones. En consecuencia, la industria norteamericana se embarcó en una carrera de emulación debido a la guerra, y como parte de esta carrera comenzó a desarrollar en firme, sobre el pequeño núcleo previo del que disponía, sus capacidades científicas y tecnológicas para convertirse en un auténtico sector estratégico nacional. Aunque, al igual que las armas químicas o el sistema de investigación, los resultados de esa carrera de emulación de la industria alemana no fueron determinantes para la victoria en esta guerra, mediante el esfuerzo por desarrollar una verdadera capacidad científica la industria americana adquiriría una mentalidad de “preparedness”, de necesidad de mantenerse en el frente tecnológico internacional.

Es más, este ascenso de la “gran empresa” estadounidense a la categoría de potencia estratégica fue uno de los resultados permanentes más importantes de la Primera Guerra Mundial. A través de la *War Industries Board* las grandes compañías americanas cambiaron la mentalidad, el alcance y el significado del Gobierno Federal y del ejército, preparando el entramado burocrático y la mentalidad necesarios para el ascenso del país al estatus de superpotencia durante la siguiente contienda. El mayor impacto de la Primera Guerra Mundial sobre el gobierno tuvo lugar sin duda a través de la necesidad de movilizar y coordinar la economía: Nunca antes la estructura corporativa del país había trabajado de forma tan estrecha junto al Gobierno Federal; nunca antes éste había ostentado semejante poder para dirigir el funcionamiento interno del país. La experiencia hizo conscientes a ambas

partes de la necesidad de cooperar de forma continuada, formal o informalmente, para controlar el sistema económico y sacar el máximo partido a sus potencialidades. Es más, hizo conscientes a ambas partes de la importancia de esa cooperación para la preparación del país ante los retos de la guerra contemporánea. Para la Presidencia, para el Congreso, las agencias civiles de movilización, el Ejército, para los grupos de intereses privados y el público general, la experiencia de la movilización económica confirmó que las naciones se preparan para y combaten en las guerras de acuerdo con la capacidad, las tradiciones y las instituciones de tiempos de paz. La alianza reguladora informal entre los grandes negocios y el Gobierno que había empezado a formarse en los últimos años del siglo XIX fue la base indispensable sobre la que se construyeron la WIB y otras agencias de movilización cruciales en el apresurado esfuerzo de guerra norteamericano. Y aunque la economía política norteamericana presentaba ya unos cimientos firmes en abril de 1917, las relaciones entre organismos civiles y militares no eran aún, en lo que se refiere al papel de las fuerzas armadas en el sistema económico, lo suficientemente estrechas como para que el país pudiera poner en marcha rápidamente el sistema de suministros masivo y racional que requería el despliegue de un ejército contemporáneo en ultramar. Tanto las empresas privadas como el ejército aprenderían la lección, y durante el período de entreguerras estrecharían lazos para conseguir un estado de preparación permanente, así como una capacidad de movilización general suficiente en el plano industrial.<sup>834</sup> Ya no era posible compartimentar las funciones civiles y militares del Gobierno, ni siquiera en tiempos de paz, ni planearlas sin tener en cuenta el tejido industrial privado de la nación: también en este sentido la Primera Guerra Mundial fue determinante a la hora de explicar el siglo XX y sus continuidades: A partir de entonces, en Estados Unidos, la guerra (la idea de la guerra, la preparación para la guerra) sería el

---

<sup>834</sup> Koistinen (1998).

factor principal que daría forma a los valores, la ideología, la economía y las instituciones de la nación. Durante la Gran Guerra, Estados Unidos dio un paso aparentemente irrevocable en la dirección de convertirse en un estado permanentemente armado. En aquel momento nadie habría podido predecir plenamente todas las consecuencias que acarrearía la transformación de las relaciones entre los mundos militar y civil, pero ya estaba claro que la creciente sofisticación de la tecnología empujaba a una conjunción permanente de las élites industriales, gubernamentales y militares; es decir, a lo que más tarde el Presidente Eisenhower denominaría “complejo industrial-militar”<sup>835</sup> como forma de la economía política de la guerra en el periodo industrial.

Es interesante reflexionar acerca de cómo la investigación organizada encajó en la maquinaria de las grandes empresas norteamericanas para acumular capital e influencia política, precisamente en el momento histórico en el que éstas promocionaban al rango de operadores a escala mundial. Resultaría tentador, en un arrebato de ese determinismo económico que criticaba en la introducción, interpretar la ciencia industrial como una simple pieza que vino a hacer más sofisticada una vieja estrategia: Desde los mercaderes de la Serenísima hasta las grandes financieras actuales, pasando por los agentes de la Compañía de las Indias Orientales, vemos como un grupo relativamente pequeño de hombres de negocios, gracias a su posición privilegiada en el centro de una tupida red de información y relaciones, es capaz de identificar oportunidades de obtener beneficios extraordinarios. Su acceso privilegiado a la financiación les permite a su vez movilizar con rapidez las grandes cantidades de capital necesarias para aprovechar dichas oportunidades, abandonando con igual rapidez empresas exhaustas. Finalmente, tienen la capacidad de presionar sobre o incluso configurar el

---

<sup>835</sup> Eisenhower, D. (1961), *Farewell Address to the Nation*, Public Papers of the Presidents 1961, U.S. Government Printing Office, p. 1035.

poder del estado para evitar obstáculos y crear un marco legislativo y ejecutivo acorde con sus intereses. En el proceso se gesta una relación simbiótica entre los grandes negocios y el estado, para el que los negocios se convierten así en sus propias condiciones de existencia.

Sin embargo, para no caer ingenuamente en tal determinismo económico, me gustaría matizar algo más esta interpretación, distinguiendo tres etapas en la incorporación de la ciencia y la tecnología al proceso de crecimiento estratégico que se dio en las empresas americanas desde finales del siglo XIX. En la primera etapa y simplificando bastante dado que queda lejos del alcance cronológico y temático de esta investigación, las figuras clave serían el “inventor” y el empresario que decide apoyar la (aún no probada) invención. Usualmente, una vez que un inventor había registrado la patente, el empresario aportaba la financiación necesaria para desarrollar la invención hasta su conversión en un bien vendible. Si se hacía necesaria una financiación mayor, la compañía emitía acciones. Era una inversión de alto riesgo y la mayoría de estas empresas fracasaron, aunque lo que queda en la memoria colectiva de forma sesgada es el mito del triunfo del emprendedor; piénsese en Morse, Graham Bell, Edison o Sperry. Me gustaría recalcar que se trata de una caricatura o resumen, quizá excesivo, de esta etapa del desarrollo de la ciencia industrial americana, que merece su propio relato, análisis e interpretación, en especial en lo que se refiere a esos casos exitosos (casi siempre es más fácil encontrar los motivos del fracaso que los del éxito, más difícil aún emularlo). Por ello remito al lector que quiera profundizar en esta etapa a las excelentes obras de Thomas P. Hughes (1971, 1985, 1989).

En la segunda etapa las figuras clave fueron el gran hombre de negocios, por ejemplo el financiero J.P. Morgan (quien representó un papel crucial en la formación de General Electric en 1892) y los abogados especializados en patentes, como Frederick P. Fish (quien acabó convirtiéndose en presidente de AT&T a base de llevar sus litigios sobre patentes). Estos hombres veían las

pequeñas empresas en posesión de patentes de nuevos sistemas tecnológicos como la clave para dominar los mercados emergentes. Para hacerse con ellas desarrollaron una serie de tácticas que combinaban el acceso rápido a grandes capitales con el dominio de los resquicios de las leyes de propiedad intelectual, además de los contactos necesarios para conocer y juzgar adecuadamente qué tecnologías podían ser realmente rentables en el futuro inmediato. Cuando alguna otra pequeña compañía desarrollaba una nueva tecnología alternativa o mejorada que ponía en peligro los beneficios propios, la gran compañía la compraba, o compraba sus patentes, anulando en la práctica la competencia (estrategia típica de DuPont), o bien atacaba sus patentes en los tribunales argumentando que infringían las que la gran compañía ya poseía. A gran escala, podían negociar fusiones totales o parciales cuando resultase imprescindible. Como explicaba en los apartados dedicados a las patentes y como se ha podido comprobar mediante la estrategia de diversificación de DuPont, la innovación se fue convirtiendo, para las empresas norteamericanas, en una cuestión de derechos de propiedad, lo que implicaba el reconocimiento implícito por parte de las grandes compañías del valor que tenían la ciencia y la tecnología para sus mercados: Un paso que las químicas alemanas habían dado ya alrededor de dos décadas antes.

La última es la más interesante de las tres etapas desde la perspectiva de este ensayo. En ella aparecen en escena el departamento de investigación y sus gestores, el científico industrial y el ingeniero como piezas de una maquinaria. El éxito de las tácticas descritas implicó que, para principios del siglo XX, unas pocas grandes empresas dominaran los campos clave de la industria con base científica en Estados Unidos. Sin embargo, ese dominio se podía ver amenazado por la expiración de las patentes o la aparición de tecnologías superiores fuera de alcance; la compra continuada de patentes resultaba cada vez más costosa y arriesgada. En este contexto, los nuevos

gigantes tecnológicos, con General Electric a la cabeza<sup>836</sup>, decidieron reforzar su dominio del mercado adoptando una invención alemana: El laboratorio industrial de las empresas químicas. En el nuevo laboratorio de investigación industrial un director científico se encargaba de enfocar, coordinar y controlar el trabajo de un gran número de científicos e ingenieros en las áreas prometedoras (los “salientes inversos”, diría Thomas Hughes utilizando un lenguaje significativamente bélico) de los sistemas tecnológicos en desarrollo por la compañía o por sus competidoras. Los enormes costes que implicaba este tipo de laboratorio garantizaban que sólo las grandes empresas que dominaban el mercado pudieran permitírselo. Sólo estas compañías podían realizar innovaciones significativas en los sistemas tecnológicos existentes y recibir los beneficios de integrarlas o comercializarlas. A través de la investigación interna, podían utilizar las patentes para reforzar su dominio del mercado sin tener que recurrir a la compra de compañías o patentes externas. Podían, además, aprovechar o integrar los avances realizados en las instituciones académicas mediante su desarrollo por parte del personal científico, o contratando directamente a los científicos académicos como consultores o como personal fijo. La investigación de los sistemas tecnológicos en desarrollo de las compañías rivales podía permitirles adelantarse en su consecución operativa, o hacerse con patentes de bloqueo como ases en la manga para la partida de reparto de los mercados. Por último, mediante la investigación en áreas científicas o tecnológicas radicalmente nuevas, estos gigantes podían defender sus inversiones a largo plazo determinando el ritmo y la dirección del desarrollo de unas determinadas vías en vez de otras. He intentado demostrar a lo largo de todo el trabajo, tanto mediante los argumentos utilizados como mediante la propia

---

<sup>836</sup> Para profundizar en la historia de General Electric, y su decisión de invertir en un laboratorio de investigación, consultar Hughes (1989). El eco de la fascinante historia del padre de la criatura, el ingeniero alemán Charles Steinmetz, llega incluso hasta la literatura, en la trilogía “América” de John Dos Passos (1930-32).

selección de los materiales, la tesis según la cual esta última etapa se produjo mediante un proceso complejo, secuencialmente interactivo, de emulación con el sistema alemán de investigación. Dado el discurrir de ese proceso de emulación y el desenlace de la Gran Guerra, en especial sus efectos sobre la industria norteamericana, resulta comprensible que tanto la introducción como los primeros capítulos estuvieran más volcados en el caso alemán, mientras que los últimos capítulos y estas conclusiones se centran preferentemente en el estadounidense.

La historia de DuPont, tan ligada a la guerra, constituye un ejemplo paradigmático del nuevo refinamiento de esa estrategia de siglos por la cual los principales mercaderes, financieros o industriales han desarrollado redes de información, acceso a grandes capitales y medidas de control sobre el poder de los estados para identificar y aprovechar oportunidades para dominar los mercados y obtener beneficios extraordinarios. Esta estrategia está inscrita en la misma esencia del laboratorio industrial: Mediante la supervisión de los grupos de científicos e ingenieros el director de investigación puede atisbar las oportunidades para el desarrollo de los sistemas tecnológicos de la empresa. Estas oportunidades pueden surgir del trabajo llevado a cabo en el propio laboratorio, o del conocimiento que los trabajadores u ojeadores tienen de los trabajos que se están desarrollando en universidades u otras empresas. Mediante sus contactos con la junta directiva, el director de investigación tiene acceso al capital necesario para aprovechar esas oportunidades. Si es hábil, puede conseguir de inmediato los fondos necesarios para contratar al especialista que necesita para sacar partido de una idea que puede mejorar de forma dramática la rentabilidad del sistema. Por último, mediante su acceso a los abogados de patentes y contactos políticos de la compañía, puede aprovecharse de la ley o el poder del estado para defender los intereses de la empresa, y por ende de “su” laboratorio. En la historia de DuPont, en torno a la Primera Guerra Mundial podemos apreciar



todos y cada uno de estos hechos. Puede que lo que la Guerra vino a mostrar no fuera una desviación de la tendencia principal de la ciencia y la tecnología, sino una de las principales tendencias de por sí.

Queda abierta una pregunta interesante de cara a futuras investigaciones, aquella que nos hacíamos en el capítulo 5 como parte del balance de la guerra: ¿Era, a la larga, el sistema económico, científico y político estadounidense potencialmente más fuerte que el alemán, a pesar de resultar más lento de configurar en sus inicios, o bien su triunfo definitivo y aplastante en la Segunda Guerra Mundial se debió a otros factores contingentes y coyunturas históricas?

En lo que se refiere a las tesis generales que se planteaban en la introducción, el ejemplo de la química ha permitido corroborar que el complejo ciencia-industria-gobierno-militares (o MIC), nicho de las relaciones entre ciencia y guerra, se empezó a gestar antes de y durante la Primera Guerra Mundial. Antes en los casos de las marinas armadas y las industrias metalúrgicas, antes y durante para el caso de la industria química alemana, y ya en plena guerra en el caso de la industria química norteamericana. Con motivo de la Gran Guerra los estadounidenses tomaron conciencia de su descuido de un sector estratégico para el que era necesario estar preparado tanto como en el ámbito de los grandes acorazados, que habían bastado para el éxito de sus intervenciones coloniales en torno al cambio de siglo pero no serían suficientes para sostener el pulso con una gran potencia como Alemania. Esto nos lleva a considerar otra de las tesis expuestas: La idea de que la ciencia y la tecnología para la guerra se han de hacer antes del comienzo de las hostilidades (con una licencia literaria podríamos decir que la guerra comienza antes de la guerra). Estados Unidos pudo “permitirse el lujo” de hacerlas durante o después, dado que la guerra se decidió por otros factores, pero su falta de preparación conllevó el fracaso de los programas de

I+D antes del fin de las hostilidades. En función de esta tesis, no sorprende encontrar continuidades entre la paz y la guerra en aquellos programas que sí resultaron exitosos, como el de la química alemana.

Otra conclusión que podemos obtener es la desmitificación de esa idea habitual según la cual ante la eventualidad de una guerra los “halcones” militares sostendrán una postura belicista, deseosa de movilizar a toda la sociedad, mientras que las “palomas” civiles se comportarán de un modo más racional, intentando no llegar a la guerra o, al menos, conseguir que ésta sea lo más limitada posible. Ese reparto de papeles no resulta adecuado en el ámbito de nuestro estudio, en el cual la iniciativa de poner en marcha y coordinar la movilización de áreas enteras de la sociedad (la ciencia y la industria) fue tomada e implementada por civiles, en su mayoría incluso ajenos al gobierno (científicos e industriales).

Se ha podido comprobar también el papel determinante que la guerra (o su previsión) tuvo en la creación y desarrollo de los sistemas de investigación industrial. En la industria química alemana existía ya una notable estructura de investigación antes de la guerra e independientemente de la posibilidad de ésta, pero sólo la guerra impulsó el desarrollo del campo del nitrógeno sintético y la catálisis de altas presiones, base de toda la diversificación posterior del sector y causa de la escalada en recursos consumidos, riqueza producida e importancia estratégica tanto económica como militar. Por su parte, la guerra determinó totalmente la verdadera incorporación de la investigación al núcleo de funcionamiento de la industria química estadounidense. Esta influencia decisiva de la guerra en los sistemas y programas de investigación industriales determinaría su forma y su contenido, así como la orientación de la investigación privada; en gran medida, también determinaría la orientación de la investigación pública y académica. La química alemana se encaminó hacia la catálisis de alta presión y hacia todo un programa “Ersatz” (sustitutos sintéticos) de fondo debido a la privación de

nitratos por el bloqueo. La industria estadounidense se vio obligada, debido a la guerra, a emular a los alemanes como ejemplar más avanzado y, por esa vía, se desarrolló toda la química orgánica y de materiales en el periodo de entreguerras. Resulta, una vez más, tentador plantearse el contrafáctico sobre qué caminos habría tomado la investigación química industrial de no haber existido la presión bélica. Quizá se podría proponer, para desarrollar ese escenario hipotético, una extrapolación del modelo alemán propuesto por Duisberg antes de la guerra. Sin embargo y una vez más, las implicaciones del conflicto fueron tan extensas y profundas, atrajo éste a tantos nuevos actores (como por ejemplo la propia industria estadounidense) y, en definitiva, la Primera Guerra Mundial supuso una singularidad tan marcada en el discurrir histórico, que resulta imposible plantear contrafácticos plausibles y no excesivamente especulativos al respecto.

En lo que se refiere a las técnicas de estandarización y normalización, se ha podido comprobar cómo la presión por normalizar la producción y la investigación de acuerdo con este tipo de criterios aumentó en el contexto de interdependencia masiva que supuso la Gran Guerra. En campos como el de las armas químicas, los explosivos o los sustitutos sintéticos, las técnicas de producción en masa reemplazaron al lento trabajo de laboratorio para satisfacer las enormes demandas militares. Instituciones como el PTR o la NBS nos situaban en un momento histórico, inmediatamente anterior a la guerra, en el que las principales potencias invertían en la generación de una economía institucional dedicada a formular marcos de conocimiento robustos pero flexibles y ampliables, sobre los que pudiera asentarse el crecimiento futuro de la ciencia industrial (lo que en ciencias económicas se denomina “inversión en la forma”).<sup>837</sup> Esas inversiones generaron unos recursos y capacidades que pudieron ser aprovechadas durante la guerra para optimizar

---

<sup>837</sup> Para profundizar en el concepto y papel de los estándares consultar Bush, L. (2011). Por lo que se refiere al concepto de “inversión en la forma”, Boltanski, Thévenot (2006).

la investigación y la movilización industrial en un esfuerzo nacional coordinado. Resulta difícil pensar cómo habría podido emprender la industria alemana su programa de “Ersatz” sin un sistema de investigación química oficial que estableciera la equivalencia sustancial de los nuevos productos sintéticos con las antiguas materias primas, o cómo habría podido coordinar la WIB la transformación de las industrias estratégicas estadounidenses para la producción de guerra sin las especificaciones de la NBS. Tras la guerra se perdió, en gran medida, la memoria de cómo y por qué se construyeron muchos estándares y cómo y por qué se (auto)impusieron a todo el sistema de investigación y producción, previa toma conciencia de que la auténtica producción en masa no se da en una planta sino en todo un sistema económico y social. Sería interesante recuperar y pensar esa memoria, dado que los estándares constituyen una de las principales herramientas de organización de nuestras sociedades actuales.

Quizá el resultado más permanente de la Primera Guerra Mundial, además de los productos materiales de las nuevas líneas de investigación, fuera el cambio en la mentalidad tanto de los científicos, como de los industriales, los militares y los responsables de gobierno. A partir del conflicto la industria química (y por extensión, otros sectores) pasaría a ser percibida como un sector estratégico nacional. En consecuencia la investigación científica, a la que el éxito industrial había demostrado estar íntimamente ligado, se convertía también en un sector estratégico. Para sostener el funcionamiento efectivo de un sistema de sectores estratégicos y ligarlos de forma continua a la posibilidad de una movilización, es necesario un complejo de permanente de relaciones entre ciencia, industria y ejércitos: Un complejo militar-industrial, un MIC. Esta perspectiva nos lleva a interpretar el conjunto de políticas científicas que emergieron de la Primera Guerra Mundial como un sistema tecnológico por sí mismo, fruto de la experiencia bélica y esencialmente ligado a ella. O dicho de otro modo: el nacimiento de

un sistema de investigación industrial de orden estratégico para las naciones aconteció en íntima relación con la guerra y genéticamente ligado a la existencia de un complejo militar-industrial.

Al igual que en el capítulo de introducción, me gustaría terminar este trabajo citando a Melvin Kranzberg, cuyas ideas tanto nos han inspirado a la hora de enfocar nuestra investigación. A lo largo del ensayo se ha podido constatar, paulatinamente, la inspirada formulación y esencial validez de sus “leyes de la tecnología”<sup>838</sup> a través de los casos que he tratado. Tal y como destaca Javier Ordóñez, “las tesis de Kranzberg son paradójicas pero plausibles”<sup>839</sup>. En primer lugar, hemos podido comprobar como la tecnología no es neutral y tiene consecuencias que van mucho más allá de lo previsto por sus primeros proponentes (acabamos de analizar las consecuencias generales permanentes de la guerra para la ciencia). Hemos constatado también como la misma tecnología puede tener resultados distintos en contextos diferentes: En Alemania y Estados Unidos, en la paz o en la guerra... O en la paz armada.

Se ha visto como la invención es la madre de la necesidad a través de las armas químicas y el forzado desarrollo industrial estadounidense. Sabemos también que “la tecnología nunca viene sola, viene en paquetes”, que no encuentra utilidad aislada sino formando parte de sistemas. Debido a ello no bastaron las patentes alemanas para que DuPont consiguiera sintetizar tintes, fue necesario también en conocimiento, la experiencia, el material y el personal; en definitiva, todo un sistema de investigación. Del mismo modo, los resultados de la fijación del nitrógeno atmosférico y la catálisis de altas presiones no se limitaron a la síntesis de nítrico para explosivos y amonio

---

<sup>838</sup> Kranzberg (1986).

<sup>839</sup> Ordóñez (2003), p.77.

para fertilizantes, sino que formaron la base de toda una nueva industria orgánica y de materiales. A un nivel más abstracto, las propias instituciones científicas contempladas como tecnología social encontraron su auténtica potencia como parte de un sistema complejo que las interconectaba con otras esferas de poder de la sociedad, tales como la industria, el gobierno o los ejércitos.

Se ha podido comprobar también que los factores no tecnológicos determinan decisiones que, en principio, parecerían exclusivamente ligadas a criterios tecnológicos. En ambos bandos factores políticos, económicos, sociales o militares determinaron qué tecnologías podían desarrollarse, cómo podían aplicarse y si resultaban o no exitosas en el frente de combate o en el frente industrial. El proceso de desarme químico de la posguerra es también un buen ejemplo de la validez de esta cuarta ley. Por ello hemos intentado contextualizar suficientemente nuestro relato en un marco comprensivo del periodo histórico en el que tuvieron lugar los casos analizados.

En cuanto a la relevancia de la historia de la tecnología, todo el ensayo intenta ser una llamada de atención acerca de la importancia determinante de la tecnología química en la Primera Guerra Mundial, que fue quizá el fenómeno más determinante de la historia del siglo XX, pues condicionó todo el devenir posterior. De la misma forma, hemos intentado demostrar el protagonismo de la tecnología en la génesis del complejo militar-industrial, un actor sin el cual resulta imposible comprender correctamente la historia del siglo pasado. A esto hay que añadir la importancia que la historia de la tecnología tiene para la comprensión y posible planificación de transferencias tecnológicas como la que se dio entre Alemania y Estados Unidos en el periodo que hemos atendido.

Por último, dado que sabemos que la tecnología es una actividad muy humana, la hemos presentado ligada a un contexto humano, como parte de un amplio fresco de sociedades, y hemos intentado plasmar cómo no son

sólo los humanos quienes hacen tecnología, sino que también la tecnología hace a los humanos.

Kranzberg nos advierte de que también la historia de la tecnología es una actividad muy humana. Por ello, y ya para terminar, este no podría ser un buen trabajo de investigación histórica si no dejara constancia de mi consciencia de sus más que probables limitaciones y sesgos, que seguro han limitado los resultados obtenidos, de su propia historicidad, común a toda obra historiográfica, e incluso de los posibles errores cometidos por descuido o falta de experiencia. Confío en que el lector sepa también tener en cuenta el carácter humano de esta actividad.

“Apoyaron los emprésitos de Morgan, se empeñaron en salvar la democracia wilsoniana, visitaron la tumba de Napoleón y anhelaron un imperio, organizaron brindis con champán en el Ritz y se acostaron en Montmartre con condesas rusas. A lo largo y ancho de todo el país, en los destacamentos militares y los almuerzos de empresarios, se opinaba que bien valía la pena sacrificar cierto dinero para arrancarle un grito de guerra al águila. Lincharon a pacifistas, alemanes, militantes obreros, rojos y bolcheviques... La guerra había concluido, pero ellos habían aprendido en el Salón de los Espejos de Versalles cómo se construía un imperio.”

Dos Passos (1930), pp.133-4.





## Bibliografia

Abelshauser, W. (2002), *Die BASF: eine Unternehmensgeschichte*, C.H. Beck, Munich.

Adams, W. (1961), *The Structure of American Industry: Some case studies*, Mc.Millan, New York.

Aitken, H. (1976), *Syntony and Spark – The origins of Radio*, John Wiley & Sons, New York.

Allison, D. (1981), *New Eye for the Navy*, Naval Research Laboratory, Report 8466, Washington D.C.

Angerer, J. (1985), *Chemische Waffen in Deutschland. Missbrauch einer Wissenschaft*. Luchterhand, Darmstadt.

Armeson, R.B., (1964), *Total Warfare and Compulsory Labor. A Study of the Military-Industrial Complex in Germany during World War I*, Martinus Nijhoff, La Haya.

Armstrong, H.E. (1893), *The appreciation of Science by German Manufacturers*, Nature no. 1228, vol. 48, pp. 29-34.

Armytage, W.H.G. (1957), *The Rise of the Technocrats*, Routledge, Londres.

Augustine-Perez, D.L. (1988), *Very Wealthy Businessmen in Imperial Germany*, Journal of Social History 22(2), pp. 299-321.

Bancroft, Wilder D. (1919), *History of the Chemical Warfare Service in the United States*, 2 vols., American University, Washington D.C.

Barkan, D. (1999). *Walther Nernst and the transition to modern physical science*. Cambridge University Press

Barscheid, P. (1976), *Naturwissenschaft, Staat und Industrie in Baden 1848-1914*, Klett, München.

Bartlett, H.R. (1941), *The Development of Industrial Research in the United States*, in National Resources Planning Board, *Research: A National Resource*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

Baruch, B.M. (1921), *American Industry in the War. A Report of the WTB*, US Government Printing Office, Washington D.C.

Beard, Ch.A. (1913), *An economic interpretation of the Constitution of the United States* Edición consultada: Dover (2004).

Beard, Ch.A. y Beard M.R. (1927), *The rise of American Civilization*. Edición Consultada: Reprint Services Co. (1993).

Beard, Ch.A. (1932), *The Navy: Defense or Portent?*, Harper & Bros., New York.

Beard, Ch. A. (1934), *The Idea of National Interest: An analytical study in American Foreign Policy*, Mc.Millan, New York.

Beard, Ch.A. (1935), *The Open Door at Home: A Trial Philosophy if National Interest*, McMillan, New York.

Berg, P. (1963), *Deutschland und Amerika, 1918-1929: Über das Deutsche Amerikabild der Zwanziger Jahre*, Matthiesen Verlag, Hamburg.

Berghahn, V.R., (1994), *Imperial Germany 1871-1914. Economy, Society, Culture and Politics*, Berghahn Books, Providence.

Bernthsen, A. (1909), *Über Luftsaltpetersäure*, Zeitschrift für angewandte Chemie 22, pp.1167-78.

Bingham, F.R. (1924), *Work with the Allied Commission of Control in Germany, 1919-1924*, Journal of the Royal United Services Institution LXIX, pp.747-63.

Birr, K. (1957), *Pioneering in Industrial Research: The Story of the General Electric Research Laboratory*, Public Affairs Press, Washington D.C.

Bishop, D., Dans K. (1972), *Railways and War before 1918*, McMillan, NY.

Boemke, M.F., Feldman, G.D., Gläser, E. (eds.) (1998), *The Treaty of Versailles: A Reassessment After 75 Years*, German Historical Institute, Washington, DC.

Boemeke, M.F., Chickering, R., Förster, S. (eds.) (1999), *Anticipating Total War. The German and American Experiences 1871-1914*, German Historical Institute, Washington D.C.

Böhme, G., Stehr, N. (eds). (1986), *The Knowledge Society. The growing impact of Scientific Knowledge on Social Relations*, Sociology of the Sciences 10, Reidel, Dordrecht.

Boltanski, L., Thévenot, L. (2006), *On Justification. Economies of Worth*, Princeton University Press (NJ).

Briggs, L.J. (1951), *Early work of the National Bureau of Standards*, Scientific Monthly vol.73, n.3 (Sept. 1951), pp. 166-73.

Broch, H. (1931), *Pasenow o el romanticismo*, Random House, Barcelona (2006).

Broch, H. (1932), *Esch o la anarquía*, Random House, Barcelona (2006).

Broch, H. (1932), *Huguenau o el realismo*, Random House, Barcelona (2006).

Brock W.H. (1992), *Historia de la Química*, Alianza, Madrid.

Brock, W.H. (1997), *Justus von Liebig. The chemical gatekeeper*, Cambridge U.P.

Brocke, B. von (1988), *Von der Wissenschaftsverwaltung zu Wissenschaftspolitik*, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 11(1), pp. 1-26.

Broderick, J.T. (1946), *Willis Rodney Whitney: Pioneer of Industrial Research*, Fort Orange Press, Albany (NY).

Brodie, B., Brodie, F.M. (1973), *From crossbow to H-bomb*, Indiana U.P., Indianapolis.

Brose, E. Dorn (1985), *Competitiveness and obsolescence in the german charcoal iron industry*, *Technology and Culture* 26 (3), pp. 532-559.

Brown, F. (1968), *Chemical Warfare: A Study in Restraints*, Princeton U.P.

Bruch, R von (2000), *Wissenschaft im Gehäuse: von Nutzen und Nachteil Institutionen geschichtlicher perspektiven*, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 23(1), pp. 37-49.

Brune, L.H. (1981), *The Origins of American National Security Policy: Sea Power, Air Power and Foreign Policy, 1900-1941*, Military Affairs and Aerospace Historian, Manhattan, KS.

Brunton, B.G., (1991), *A historical perspective on the future of the Military-Industrial Complex*, *The Social Science Journal* 28, n.1, p.49.

Buchanan, B.J. (ed.) (2006), *Gunpowder, Explosives and the State. A Technological History*, Ashgate.

Buhl L.C. (1974), *Mariners and Machines: Resistance to Technological Change in the American Navy, 1865-1869*, *Journal of American History* 61, pp. 703-27.

Burchardt, L. (1975), *Wissenschaftspolitik in Wilhelminischen Deutschland: Vorgeschichte, Gründung und Aufbau der Kaiser Wilhelm Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften*, Göttingen.

Burchardt, L. (1971), *Eine neue Quelle zu den Anfängen der Kriegswirtschaft in Deutschland 1914. Das Tagebuch Wichard von Möllendorfs*. Tradition 126, pp. 72-92.

Burchardt, L. (1968), *Friedenswirtschaft und Kriegsvorsorge. Deutschlands wirtschaftliche Rüstungs- bestrebungen vor 1914*, Boldt, Boppard am Rhein.

Burk, R.F. (1990), *The Corporate State and the Broker State: The DuPonts and American National Politics 1925-1940*, Harvard University Press.

Bush, V., Compton, Trullinger (eds.) (1942), *Scientists Face the World of 1942*, Rutgers, New Jersey.

Bush, V. (1945), *Ciencia, la frontera sin fin*. Reproducido en la revista Redes, 14 (Noviembre 1999), Buenos Aires.

Bush, V. (1970), *Pieces of the Action*, William Morrow & Co., New York.

Bush, L. (2011), *Standards. Recipes for Reality*, MIT Press, Cambridge (Mss.).

Buyse, O. (1908), *Méthodes Américaines d'Education Générale et Technique*, Charleroi.

Cahan, D. (1982), *Werner Siemens and the origins of the PTR 1872-1887*, Historical Studies in the Physical Sciences 12 (2), pp. 253-83.

Cahan, D. (1984), *The institutional revolution of german physics*, Historical studies in the physical sciences 15(2), pp. 1-65.

Cahan, D., (1989), *An institute for an empire: The Physikalisch Technische Reichsanstalt (1871-1914)*, Cambridge U.P.

Calvert, M.A. (1967), *The Mechanical Engineer in America, 1830-1910. Professional cultures in conflict*, Baltimore.

Carlson, W.B. (1988), *Academic Entrepreneurship and Engineering Education: DuGald C. Jackson and the MIT – GE Cooperative Engineering Course, 1907-1932*, Technology and Culture 29, pp. 536-67.

Carson, C., Gubser, M. (2002), *Science advising and science policy in post-war west Germany: the example of the Deutsche Forschungsrat*, Minerva 40(2), pp. 147-79.

Carr, E.H. (1966), *¿Qué es la Historia?*, Seix Barral, Barcelona.

Chandler, A.D. (2005), *Shaping the Industrial Century: The Evolution of the Modern Chemical and Pharmaceutical Industries*, Harvard U.P., Cambridge (Mss.).

Chandler, A.D. (1969), *Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise*, MIT Press, Mss.

Chang, H., Jackson, C. (Eds.) (2007), *An element of controversy: The life of Chlorine in science, medicine, technology and war*, British Society for the History of Science.

Charles, D. (2005), *Between genius and genocide. The tragedy of Fritz Haber, father of chemical warfare*, Jonathan Cope, Londres.

Charles, D. (2005), *Moster mind: The rise and fall of Fritz Haber*. Ecco, Nueva York.

Cheape, C.W. (1995), *Strictly Bussines: Walter Carpenter at DuPont and General Motors*, Johns Hopkins University Press.

Chickering, R., Förster, S. (Eds.) (2000), *Great war, total war. Combat and movilizaton on the western front*. German Historical Instiute, Cambridge University Press.

Clarkson, G.B. (1923), *Industrial America in the World War: The Strategy behind the Line (1917-18)*, Houghton Mifflin, Boston.

Clarkson, J.D. & Corchran T.C. (Eds.) (1941), *War as a Social Institution: The Historian's perspective*, Columbia U.P., New York.

Collin, P., Hortsman, T., (eds.), (2004), *Das wissen des Staates. Geschichte, Theorie und Praxis*. Nomos, Frankfurt.

Compton, K.T. (1935), *The Government's Responsibility in Science*, Science 81, pp. 347-55.

Conrad, Ch. (1994), *Von Greis zum Rentner: der strukturwandel des alters zwischen 1830 und 1930*, Vandenhoeck, Göttingen.

Cooling, B.F. (ed.) (1977), *War, Business and American Society*, Kennikat Press, NY

Cooling, B.F. (1979), *Gray Steel and Blue Water Navy*, Archon Books, Hamden, CT.

Cooling, B.F. (ed.) (1981), *War, Business and World Military Industrial Complexes*, Kennikat Press, NY.

Croce, B. (1943), *Teoria e storia della storiografia*, Rivedutta, Bari.

Crookes, W. (1899), *Report of the Sixty-eight Meeting of the British Association for the Advancement of Science held at Bristol in September 1898*, John Murray, Londres.

Danielian, N.R. (1939), *AT&T: The Story of Industrial Conquest*, Vanguard Press, New York.

Dean, P. (2005), *What is the history of science the history of?*, Isis 96(3), pp. 390-408.

Demeter, K. (1965), *The German Officer Corps in Society and State, 1650-1945*, Nueva York.

DeVane, W.C. (1965), *Higher Education in the XXth Century America*, Harvard University Press.

Dhombres, N. y J. (1989), *Naissance d'un nouveau pouvoir: Sciences et savants en France (1793-1824)*, Payot, Paris.

Döblin, A. (1929), *Berlin Alexanderplatz*, Cátedra, Madrid (2003).

Döblin, A. (1950), *Noviembre de 1918*, Edhasa, Barcelona (4 vols., 2011-2014).

Dorian, M. (1961), *The DuPonts: From Gunpowder to Nylon*, Little Brown, New York.

Dos Passos, J. (1925), *Manhattan Transfer*, Random House Mondadori, Barcelona (2004).

Dos Passos, J. (1930), *Paralelo 42*, Random House Mondadori, Barcelona (2007).

Dos Passos, J. (1932), *1919*, Random House Mondadori, Barcelona (2007).

Dos Passos, J. (1933), *El gran dinero*, Random House Mondadori, Barcelona (2007).

Duisberg, C. (1933, 1), *Abhandlugen, Vorträge und Reden aus den Jahren 1882-1933*, 2 vol., Verlag Chemie, Berlin (S 738-74B, Staatsbibliothek Berlin 23.1).

Duisberg, C. (1933, 2), *Meine Lebenserinnerungen*, Philipp Reclam, Leipzig.

Dukes, J., Remak, J. (eds.) (1988), *Another Germany: A reconsideration of the Imperial Era*, Boulder, Colorado.



Dunikowska, M., Turko, L. (2011), Fritz Haber, the dammed scientist. *Angew.Chem. Int. Ed.* 50, pp. 10050-62.

DuPont Company (1946), *The DuPont Company's Part in the National Security Program*. E.I. DuPont de Nemours & Co., Wilmington, Del.

Dupree, A.H. (1986), *Science in the Federal Government*, Johns Hopkins U.P.

Ebert, F. (1926), *Schriften, Aufzeichnungen, Reden. Mit unveröffentlichten Erinnerungen aus dem Nachlass*, Reissner, Dresde.

Echeverría (1999), *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX*, Cátedra, Madrid.

Echeverría, J. (2003), *La revolución tecnocientífica*, Fondo de Cultura económica de España, Madrid.

Eckart, W.U., Gradmann, C. (1996), *Die Medizin und der Erste Weltkrieg*, Centaurus.

Engelbrecht, H.C. (1934), *The international Armament Industry*, Annals of the American Academy of Political and Social Sciences, vol. 175, pp.73-81.

Engelbrecht, H.C., Hanighen, F.C. (1934), *Merchants of death. A study of the international armament industry*, Dodd, Mead & Co., New York.

Enos, J.L. (1962), *Petroleum Progress and Profits: A History of Process Innovation*, MIT Press, Cambridge, Mass.

Epkenhans, M. (2000), *Krupp and the Imperial German Navy, 1898-1914: A reassessment*, The Journal of Military History 64(2), pp. 335-369.

Etzkowitz, H., Leydesdorf, L. (1997), *Universities and the global knowledge economy: A triple helix of university, industry and government relations*, Pinter, London.

Eucken, W. (1921), *Die Stickstoffversorgung der Welt. Eine Volkswirtschaftliche Untersuchung*, Stuttgart.

Ezell, E.C. (1981), *Handguns of the World*, Stockpole Books, Harrisburg, PA.

Feldenkirchen, W. (1982), *Die Eisen- und Stahlindustrie des Ruhrgebietes 1879-1914*. Steiner, Wiesbaden.

Feldman, G.D. (1990), *Industrie und Wissenschaft in Deutschland 1918-1933*, pp. 657-72 en *Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft. Geschichte und Struktur der Kaiser Wilhelm Gesellschaft*, Vierhaus R. y Brocke, v V., Stuttgart.

Ferro, M. (1968), *La Grande Guerre 1914-1918*. Gallimard, Paris.

Fisch, S., Rudolf, W. (eds.), (2004), *Experten und Politik. Wissenschaftliche Berlin*, Dunker & Humboldt, Berlin.

Fischer, E. (1911), *Neuere Erfolge und Probleme der Chemie*, Internationale Wochenschrift für Wissenschaft 5, cols. 1-20. Reimpreso en *Untersuchungen aus verschiedenen Gebieten*, Max Bergmann, Berlin (1924), pp. 757-71.

Fischer, E. (1922, 1), *Aus meinem Leben*, Berlin.

Fischer, E. (1922, 2), *Emil Fischer's Papers*, Bancroft Library, University of California Press. (1990).

Fischer, F. (1967), *Germany's Aims in the First World War*, Nueva York.

Fischer, F. (1975), *War of illusions: German policies from 1911 to 1914*, New York.

Fischer, F. (1986), *From the Kaiserreich to the Third Reich. Elements of Continuity in German History 1871-1945*. Routledge, Londres.

Fleming, J.A. (1916), *The Organization of Scientific Research*, Nature no. 2416, vol. 96, pp. 692-96.

Forman, P., Sánchez-Ron, J.M. (eds.) (1996), *National military establishment and the advancement of science and technology*, Kluwer, Dordrecht.

Forman, P. (1973), *Scientific internationalism and the Weimar physicists: The ideology and its manipulation in Germany after World War I*, Isis 64, pp. 151-181.

Forman, P. (1974), *The financial support and political alignment of physicists in Weimar Germany*, Minerva 12, pp. 39-66.

Frängsmyr, T.(ed.) (1990), *Salomon's House Revisited. The Organization and Institutionalization of Science*. Science History Publications, Canton.

Freemantle, M. (2013), *Gas! Gas! How chemistry changed the First World War*, The History Press.

Freemantle, M. (2014), *The Chemists' war: 1914-1918*, Royal Society of Chemistry, Londres.

Fries, A.A., West, C.J. (1921), *Chemical Warfare*, Hartcourt, New York.

Frucht, A.H. (2005), *Fritz Haber und die Schädlingsbekämpfung während des 1. Weltkrieges und in der Inflationszeit*. Dahlemer Archivgespräche 11, pp. 141-158.

Galambos, L. (1983), *Technology, political economy and professionalization*, Business History Review 57, pp. 471-93

Gall, L. (2000), *Krupp: der Aufstieg eines Industrieimperiums*, Siedler, Berlin.

Gallison, P., Hevly, B. (eds.) (1992), *Big Science. The growth of large scale research*, Stanford U.P., Stanford, California.

Gebhardt, B. (1960), *Handbuch der Deutschen Geschichte, vol. III*, Grundmann, Stuttgart.

Geyer, M. (1984), *Deutsche Rüstungspolitik 1860-1980*, Suhrkamp, Frankfurt.

Gibbons, M. et al. (1994), *The new production of Knowledge. The dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. Sage, Londres.

Ginzburg, C. (1981), *El queso y los gusanos. El cosmos, según un molinero del siglo XVI*. Muchnik, Barcelona.

Gispen, K. (1989), *New profession, old order: Engineers and german society 1815-1914*, Cambridge U.P.

Goodstein, J.R. (1991), *Millikan's School. A History of the California Institute of Technology*, Norton, New York.

Goodwin, H.M. (1933), *A History of the Departments of Chemistry and Physics at MIT, 1865-1933*, MIT Press.

Goodwin, J., (1983), *Current Bibliography in the History of Technology*, Annual April Issue of Technology and Culture, pp.316-98.

Greenberg, D.S. (1967), *The Politics of Pure Science*, New American Library, New York.

Gruber, C. (1968), *Mars and Minerva: World War One and the American Academic Man*, Tesis Doctoral, Columbia University.

Guerlac, H. (1987), *Radar in World War II*, Tomash, Nueva York.

Haber, F. (1903), *Über Hochschulunterricht der Elektrochemische Technik in den Vereinigten Staaten*, Zeitschrift für Electrochemie 9. pp. 291-303, 347-370, 379-406.

Haber, F.J. (1927), *Aus Leben und Beruf. Aufsätze, Reden und Vorträge*, Springer, Berlin.

Haber, L.F. (1958), *Chemical Industry during the Nineteenth Century. A Study of the Economic Aspect of Applied Chemistry in Europe and North America*, Clarendon Press, Oxford.

Haber, L.F. (1971), *The Chemical Industry 1900-1930. International Growth and Technological Change*, Clarendon Press, Oxford.

Haber, L.F. (1986), *The poisonous cloud. Chemical warfare in the First World War*, Clarendon Press, Oxford.

Haber, S. (1964), *Efficiency and Uplift: Scientific Management in the Progressive Era, 1890-1920*, University of Chicago Press.

Hackemer, K. (1995), *The US Navy and the late Nineteenth Century Steel Industry*, *Historian* 57, pp. 703-12.

Hacking, I. (1998), *The social construction of what?*, Harvard University Press, Cambridge (Mss.).

Hackmann, W.D. (1986), *Sonar research and naval warfare 1914-1954: A case study of a twentieth-century establishment science*, *Historical studies in the physical sciences* 16, pp. 83-110.

Hahn, R. (1999), *Gold aus dem Meer. Die Forschungen des Nobelpreisträgers Fritz Haber in den Jahren 1922-1927*, GNT Verlag, Diepholz.

Haldane, J.B.S. (1926), *Calinico o una defensa de la guerra química*, *Revista de Occidente*, Madrid.

Hale, G.E. (1915), *National Academies and the Progress of Research*, New Era Printing Co., Lancaster (Pennsylvania).

Hall, C.R. (1954), *History of American Industrial Science*, Library Publishers, New York.

Hall, Norris F. (1925), *The Next War*, Harvard U.P. Cambridge (Mass.).

Hallgren, M.H. (1937), *The tragic fallacy: A study of America's War Policies*, Knopf, New York.

Hamor, W.A. (1915), *The Value of Industrial Research*, Scientific Monthly 1, October 1915, pp. 86-92.

Hard, W. (1917), *America Prepares*, New Republic 10, p.253.

Hardwood, J. (1987), *National styles in science: genetics in Germany and the United States between the world wars*, Isis 78(3), pp.390-414.

Hardwood, J., (1993), *Styles of scientific thought: the german genetics community 1900-1933*, Chicago U.P.

Harnack, A.von (1911), *Aus Wissenschaft und Leben*, 2. vol. Giessen.

Harrington, A. (1996), *Reenchanted science: Holism in German Culture from Wilhelm II to Hitler*, Princeton U.P., New Jersey.

Hartcup, G. (1988), *The war of invention. Scientific developments 1914-1918*, Brassey's Defense Publications, London.

Hayes, P. (1987), *Industry and ideology: I.G. Farben in the Nazi Era*, Cambridge U.P.

Haynes, W. (1954), *The American Chemical Industry. A History*, 4 vols. Van Nostrand, New York.

Headrick, D.R. (1991), *The invisible weapon. Telecommunications and international politics 1851-1945*, Oxford U.P.

Heggen, A. (1977), *Zur Vorgeschichte des Reichspatentgesetzes von 1877*, Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht, p.322

Herf, J. (1984), *Reactionary Modernism: Technology, Culture and Politics in Weimar and the Third Reich*, Cambridge U.P.

Hermann, D.P. (1990), *Wirtschaft, Staat und Wissenschaft. Der Ausbau der privaten Hochschul und Wissenschaftsförderung im Kaiserreich*, Vierteljahrschrift für sozial und Wissenschaftsgeschichte 77(4), pp. 350-368.

Herrick, W.R. (1966), *The American Naval Revolution*, Louisiana St. U.P.

Higham, R. (1975), *A guide to the Sources of US Military History*, Archon Books, Hamden CT.

Hobsbawm, E. (1987), *The Age of Empire, 1875-1914*, Weidenfeld & Nicolson, Londres.

Hobsbawm, E. (1990), *Naciones y nacionalismo desde 1780*, Crítica, Barcelona (edición manejada: marzo de 2013).

Hobsbawm, E. (1994), *The age of extremes, 1914-1991*, Abacus, Londres.

Hobsbawm, E. (2002), *Sobre la Historia*, Crítica, Barcelona.

Hoffmann, Ch. (2001), *The desing of disturbance: Physics institutes and physics research in Germany 1870-1910*, Perspectives on science 9(2), p. 273.

Holland, M., Pringle, H.F. (1928), *Industrial Explorers*, Harper & Bros., New York.

Holley, I.B. (1953), *Ideas and Weapons: Exploitation of the Aerial Weapon by the US during World War I. A Study in the Relations of Technological Advance, Military Doctrine and the Development of Weapons*, Yale University Press.

Homburg, E., Travis A.S., Schröter, H.G. (Eds.) (1998), *The Chemical Industry in Europe (1850-1914). Industrial growth, pollution and professionalization*, Kluwer, Dordrecht.

Hounshell, D.A. (1984), *From the American System to Mass Production: The Development of Manufacturing Technology in the United States*, Johns Hopkins U.P., Baltimore.

Hounshell, D.A. and Smith, J.K. (1988), *Science and Corporate Strategy: DuPont Research and Development 1902-1980*, Cambridge University Press.

Hounshell, D.A. (1989), *The Making of a New Industrial Fiber: The Case of DuPont's Kevlar 1950-1980*, Business History Seminar, Harvard Business School, April 17 (1989).

Howard, M. (1961), *The Franco-Prussian War. The german invasion of France 1870-71*, Rupert Hart Davis, Londres.

Hughes, Th. P. (1969), *Technological momentum in history: Hydrogenation in Germany 1898-1933*, Past and Present 44(1), pp. 106-132.

Hughes, T.P. (1971), *Elmer Sperry: Inventor and engineer*, Johns Hopkins U.P., Baltimore.

Hughes, T.P. (1979), *Emerging Themes in the History of Technology*, Technology and Culture 20 (Oct. 1979), pp.697-711.

Hughes, Th.P. (1980), *The order of the technological world*, in *History of technology*, Mansell, London,

Hughes, Th. P. (1985), *Networks of Power. Electrification in western society 1880-1930*, Johns Hopkins U.P.



Hughes, T.P. (1989), *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm*, Penguin, London.

Huntington, S.P. (1957), *The Soldier and the State: The Theory and Politics of Civil-Military Relations*, The Belknap Press, Cambridge (Mss.).

Irwin, W. (1921), *The Next War: An Appeal to Common Sense*, Dutton Ed.

Jackson, D.C. (1935), *The relation of standards and of means for accurate measurement to effective development of industrial production*, Jackson papers 18, Department of Electrical Engineering, MIT Archives, Cambridge (MSS).

Janowitz, M. (1960), *The Professional Soldier: A Social and Political Portrait*, Free Press, Glencoe (Ill.)

Jansen, M.B. (2000), *The Making of the Modern Japan*, Harvard U.P., Cambridge (Mass.)

Jenkins, D. (2002), *The Final Frontier. America, Science and Terror*. Verso, New York.

Johnson, J.A., (1990), *The Kaiser's Chemists: Science and Modernization in Imperial Germany*, University of North Carolina Press, Chapel Hill.

Jones, D.P. (1969), *The role of Chemists in Research on War Gases in the United States of America during World War I*, UMI dissertation services, Ann Arbor (MI). Ph.D. University of Wisconsin.

Jones, S. (2007), *World War One Gas Warfare: Tactics and Equipment*, Osprey Publishing.

Judt, T. (2008), *Sobre el olvidado siglo XX*, Taurus, Madrid.

Jungnickel, Ch., Mc. Cormmach, R. (1986), *Intellectual Mastery of Nature. Theoretical Physics from Ohm to Einstein*, vol. 1 & 2, Chicago U.P.

Kaempffert, W. (1941), *War and Technology*, The American Journal of Sociology, vol.46, n.4, pp.431-444.

Kahneman, D. (2011), *Thinking, Fast and Slow*, Farrar, Straus and Giroux, Nueva York.

Kargon, R.H. (1982), *The Rise of Robert Millikan: Portrait of a Life in American Science*, Cornell University Press.

Kaufman, R.F. (1972), *The War Profiteers*, Double Day, NY.

Kay, L.E. (1997), *Rethinking institutions: Philantropy as an historiografic problem of Konowledge and power*, Minerva 35(3), pp. 283-93.

Kellermann, H. (1915), *Der Krieg der Geister. Eine Auslese deutscher und ausländischer Stimmen zum Weltkriege 1914*. Verlag Vereinigung Heimat und Welt, Dresde.

Kevles, D. (1964), *The Study of Physics in America, 1865-1916*, Ph.D. dissertation, Princeton U.P.

Kevles, D. (1968), *George Ellery Hale, the First World War and the Advancement of Science*, Isis 59, pp. 427-37.

Kevles, D. (1978), *The Physicists. The History of a Scientific Community in Modern America*, Alfred Knopf, New York.

Köhler, O. (1990), *...und heute die ganze Welt. Die Geschichte der I.G. Farben*, Rossa Verlag, Colonia.

Kohler, R.E. (1991), *Partners in science: Foundations and Natural Scientists. 1900-1945*, University of Chicago.

Koistinen, P.A.C. (1980), *The Military-Industrial Complex. A Historical Perspective*, Praeger, Nueva York.

Koistinen, A.C. (1997), *Mobilizing for Modern War: The Political Economy of American Warfare 1865-1919*, University Press of Kansas.

Koistinen, A.C. (1998), *Planning War, Pursuing Peace: The Political Economy of American Warfare 1920-1939*, University Press of Kansas.

Koistinen, A.C. (2004), *Arsenal of World War II: The Political Economy of American Warfare 1940-1945*, University Press of Kansas.

Kojevnikov, A.B. (2004), *Stalin's Great Science*, Imperial College Press, Londres.

Kormos Barkan, D. (1999), *Walther Nernst and the transition to modern physical science*, Cambridge U.P.

Kranakis, E. (1989), *Social Determinants of Engineering Practice: A Comparative View of France and America in the XIXth Century*, Social Studies of Science 19, pp.5-70.

Kranzberg, M., Pursell, C.W. (eds.) (1967), *Technology in Western Civilization*, 2 vols., Oxford University Press, Nueva York.

Kranzberg, M. (1986), *Technology and History: "Kranzberg Laws" (Presidential Address)*, Technology and Culture, vol. 27, n.3 (Julio de 1986), pp. 544-60.

Kühne, T., Ziemann, B. (eds.) (2000), *Was ist Militärgeschichte?*, Schöningh, Munich.

Landes, D.S. (1972), *The unbound Prometheus: Technological change and Industrial development in Western Europe from 1750 to the present*, Cambridge U.P.

Layton, E.T. (1971), *The Revolt of the Engineers. Social responsibility and the American Engineering Profession*, Cleveland.

Leeuw, W.C. de (1918), *Kleurstoffen uit petroleum. Algemeene beschouwingen over de Industrie der syntetische kleurstoffen*. SICA, La Haya.

Lenoir, T. (1988), *A magic bullet: Research for the profit and growth of knowledge in Germany around 1900*, *Minerva* 26(1), pp. 66-88.

Lenoir, T. (1998), *Revolution from above: The role of the state creating the German research system, 1810-1910*, *The American Economic Review* 88(2).

Lepsius, B. (1914), *Deutschlands Chemische Industrie 1888-1913*, Verlag von Georg Stilke, Berlin.

Lesch, J.E. (ed.) (2000), *The german chemical industry in the 20<sup>th</sup> century*, Kluwert, Dordrecht.

Lischka, J.R. (1977), *Armor plate: Nickel and steel, monopoly and profit*, en Cooling (ed.) (1977). Capítulo 2.

Ludendorff, E. (1919), *Meine Kriegserinnerungen 1914-1918*, Berlin.

Ludendorff, E. (1922), *Urkunden der Obersten Heeresleitung über ihre Tätigkeit 1916-1918*, Ludendorffs Verlag, Munich.

Ludendorff, E. (1935), *Der totale Krieg*, Ludendorffs Verlag, Munich.

Lutz, R. (1996), *Die Verwissenschaftlichung des Sozialen als methodische und konzeptionelle Herausforderung für eine Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts*, *Geschichte und Gesellschaft* 22(2), pp.165-93.

MacKenzie, D.A. (1993), *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*, MIT Press, Cambridge (Mss.).

Mahan, A.T. (1890), *The Influence of Sea Power upon History*, Little, Brown & Co., Boston. Disponible en <http://www.gutenberg.org/etext/13529>

Maier, H. (2007), *Forschung als Waffe. Rüstungsforschung in der Kaiser Wilhelm Gesellschaft und das Kaiser Wilhelm Institut für Metallforschung 1900-1945/48*, 2 vol., Wallestein Verlag, Göttingen.

Manchester, W. (1968), *The Arms of Krupp: 1587-1968*, Little & Brown, Boston.

Manegold, K. (1970), *Universität, Technische Hochschule und Industrie: Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert*. Ducker, Berlin.

Marsch, U. (1994), *Strategies for success: Research organization in German chemical companies and I.G. Farben until 1936*, *History and technology* 12(1), pp.23-77.

Mason, O.T. (1895), *The Origins of Invention*, Reprint MIT Press (1966), Cambridge, Mss.

Mauskopf, S.H. (Ed.) (1993), *Chemical Sciences in the Modern World*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia.

McLaren, M. (1963), *The rise of the electrical industry during the nineteenth century*, Princeton U.P., NJ.

McLeod, R. (ed.), (1976), *Perspectives on the emergence of scientific disciplines*, Mouton, NY.

McLeod, R. (1993), *The chemists go to war: The mobilization of civilian chemists and the British war effort 1914-1918*, *Annals of science* 50, pp. 455-81.

McLeod, R., Johnson, J.A. (eds.) (2006), *Frontline and Factory. Comparative Perspectives on the Chemical Industry at War 1914-1924*, Springer, Dordrecht.

McNeill, W.H. (1982), *The Pursuit of Power: Technology, Armed Force and Society since A.D. 1000*, University of Chicago Press.

Mendelsohn, E., Smith, M.R. and Weingart, P. (eds) (1988), *Science, Technology and the Military*, Sociology of the Sciences Yearbook, vol. XII. Kluwer Dordrecht.

Merton, R. K. (1973), *The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations*, Storer University of Chicago Press, Chicago.

Meyer-Thurow, G. (1982), *The industrialization of invention: a case study form the German chemical industry*, Isis 73(2), pp. 363-81.

Miller, J.A. (1953), *Workshop of Engineers: The Story of the General Engineering Laboratory of the General Electric Company, 1895-1952*, General Electric Company Press, Shenectady (NY).

Miller, H.S. (1970), *Dollars for Research: Science and its Patrons in Nineteenth Century America*. Seattle, Washington.

Millis, W. (1956), *Arms and Men: A study in American Military History*, Putnan, New York.

Missud, J., (1982), *American Science and the Military: A historiographic note*, History of Science in America 2 (Dec. 1982), pp. 1-3.

Mitchel, A.G., (2000), *Räume des Wissens. Was und wo sind sie?*, Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 23(3), pp. 235-242.

Moog, O. (1927), *Drüben steht Amerika: Gedanken nach einer Ingenieurreise durch die Vereinigten Staaten*, Westermann, Braunschweig.

Moradiellos, E. (2001), *Las Caras de Clío*, Siglo XXI, Madrid.

Moradiellos, E. (2013), *El oficio de historiador*, Akal, Madrid.

Morison, E.E. (1942), *Admiral Sims and the Modern American Navy*, Houghton Mifflin, Boston.

Morison, E.E. (1966), *Men, Machines and Modern Times*, MIT Press, Cambridge Mss.

Morison, E.E. (1974), *From Knowhow to Nowhere*, Basic Books, NY.

Moy, T.D. (1989), *Emil Fischer as chemical mediator: Science, industry and government in Worl War I*, *Ambix* 36(3), pp. 109-120.

Mumford, L. (1934), *Technics and Civilization*, Hartcourt, New York.

Mumford, D., Series, C., Wright, D. (2002), *Indra's Pearls: The vision of Felix Klein*, Cambridge U.P.

Murmann, J. P. (2003), *Knowledge and Competitive Advantage. The coevolutions of firms, technology and national institutions*. Cambridge U.P.

Murray, W. and Millett, A.R. (1996), *Military Innovation in the Interwar Period*, Cambridge University Press.

Musil, R. (1943), *El hombre sin atributos*, Seix Barral, Barcelona (2004).

National Bureau of Standards (ed.) (1921), *War Work of the Bureau of Standards*, Miscellaneous Publication n.46, Washington D.C.

Nef, J.U. (1950), *War and Human Progress: An essay on the Rise of Industrial Civilization*, Harvard U.P., Cambridge, Mss.

Nieburg, H.L. (1966), *In the Name of Science*, Quadrangle Books, Chicago.

Noble, D.F. (1977), *El diseño de Estados Unidos. La ciencia, la tecnología y la aparición del capitalismo monopolístico*. Ministerio de Trabajo, Madrid.

Noel-Baker, P. (1937), *The Private Manufacture of Armaments*, 2 vol., Oxford U.P.

Nowotny, H., Gibbons, M., Scott, P., (2001), *Rethinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty*, Polity, Cambridge.

Olesko, K.M. (1991), *Physics as a calling: Discipline and practice in the Königsberg seminar for physics*, Cornell U.P., Ithaca.

Ordóñez, F.J. (2001), *Violencia y Guerra*, Revista de Humanidades, Tecnológico de Monterrey (11), pp.77-92.

Ordóñez, F.J. (2003), *Ciencia, Tecnología e Historia*, Fondo de Cultura Económica de España, Madrid.

Ordóñez, F.J. (2004), *Guerra y Distancia*, en *Guerra y Paz. En nombre de la Política*, Roldán, C., Ausín, T. y Mate, R. (eds.), pp.293-307, Calamar, Madrid.

Ordóñez, F.J. (2012), *Guerra y Error*, en *Error y Conocimiento: La Gestión de la Ignorancia*, en Camps Cervera, M.V. (ed.), Comares, Granada.

Ortega, M.L., Elena, A., Ordóñez, J. (eds.) (1993), *Técnica e Imperialismo*, Turfan, Madrid.

Ostwald, W. (1906), *Für die Chemische Reichsanstalt*, Die Chemische Industrie 29, pp.645-47.

Ostwald, W. (1906), *Die Chemische Reichsanstalt*, Leipzig.

Owen, R. (1978), *Military-Industrial relations: Krupp and the Imperial Navy Office*, en Evans R.J. (ed.) (1978), *Society and Politics in Wilhelmine Germany*, Croom Helm, Londres.



Pardee, W.A. (1951), *The American Chemical Society Division of Industrial and Engineering Chemistry*, Industrial and Engineering Chemistry Journal 43 (2), Febrero de 1951.

Paret, P. (ed.) (1986), *Makers of Modern Strategy from Machiavelli to the Nuclear Age*, Princeton U.P., Nueva Jersey.

Parsons, C.L. (1918), *The American Chemists in Warfare*, Science 48, p.378.

Peck, M.J., Shearer, F.M. (1962), *The Weapons Acquisition Process: An Economic Analysis*, Harvard U.P.

Perez Urruti, Capt. (1923), *La movilización industrial*, Publicaciones del Memorial de Ingenieros, Madrid.

Perry, J. (1955), *The Story of Standards*, Funk & Wagnalls, New York.

Pestre, D. (2003), *Regimes of Knowledge production in society*, Minerva 41(3), pp.245-61.

Pfetsch, F.R. (1974), *Zur Entwicklung der Wissenschaftspolitik in Deutschland 1750-1914*, Dunker und Humboldt, Berlin.

Pirenkemper, T. (1984), *Pre-1900 industrial white collar employees at the Krupp Steel Casting Works: A new occupational category in Germany*, The Business History Review, 58(3), pp. 384-408.

Plenge, J. (1915), *Der Krieg und die Volkswirtschaft*, Kriegsvorträge Universität Munster 11-12.

Plumpe, G. (1990), *Die IG Farbenindustrie AG. Wirtschaft, Technik und Politik 1904-1945*. Schriften zur Wirtschafts und Sozialgeschichte 37, p. 64.

Pollard, S. (1989), *Britain's Prime and Britain's Decline. The British Economy 1870-1914*. Londres.

Postan, M.M., Hay D., Scott, J.D. (1964), *The Design and Development of Weapons: Studies in Government and Industrial Organization*, HMSO, Londres.

Prescott, S.C. (1954), *When MIT was Boston Tech*, MIT Press.

Prince, C.E., Taylor, S. (1981), *Daniel Webster, the Boston Associates and the US Government's role in the Industrializing Process, 1815-1830*, in Weible, R., Ford, O., Marion, P. (eds.), *Essays from the Lowell Conference on Industrial History 1981*, Lowell, MA, pp. 114-27.

Pritchett, H.S. (1902), *The Story of the Establishment of the National Bureau of Standards*, Science XV, febrero 1902, p.282.

Pritchett, H.S. (1921), *The Foundation of Scientific Research in a Modern State*, National Research Council Bulletin I, Washington D.C.

Pritchett H.S. (1923), *A tale of two presidents*, Technology Review, Febrero 1923.

Pursell, C.W. (ed.) (1972), *The Military Industrial Complex*, Harper & Row, NY.

Pyenson, L. (1982), *Cultural imperialism and exact sciences: German expansion 1900-1930*, History of science 20, pp. 3-43.

Rae, J.B. (1955), *Engineering education as preparation for management. A study of MIT alumni*, Business History Review 29 (March 1955), pp. 64-74.

Rasch, M. (1989), *Geschichte des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung 1913-1943*, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.

Rasch, M. (1991), *Wissenschaft und Militär: Die Kaiser Wilhelm Stiftung für Kriegstechnische Wissenschaft*, Militärgeschichtliche Mitteilungen 44, pp. 73-120.

Rathenau, W. (1917), *Die Neue Wirtschaft*, Gesammelte Schriften, vol. 5. Berlin.

Reck, D. (ed.) (1952), *National Standards in a Modern Economy*, Harper & Broth., New York.

Reich, L.S. (1980), *Industrial Research and pursuit of Corporate Security. The early years of Bell Laboratories*, Bussines History Review 54, pp. 503-29.

Reichspatentamt (Hrgs.) (1927), *Das Reichspatentamt 1877-1927*, Heymanns, Berlin.

Reinglod, N. and Reingold, I.H. (eds.) (1981), *Science in America. A documentary history 1900-1939*, University of Chicago Press.

Reingold, N. (1987), *Vannevar Bush's New Deal for Research*, Historical Studies in the Physical and Biological Scieces 17, pp. 299-344.

Reinhardt, C. (1997), *Forschung in der Chemischen Industrie: die Entwicklung synthetischer Farbstoffe bei BASF und Hoechst, 1863-1914*, Freiburger Forschungshefte D202.

Reynolds, T.S. (1986), *Defining professional boundaries: Chemical engineering in the early 20<sup>th</sup> century*, Technology & Culture 27 (October 1986), pp. 694-716.

Rhodes, R. (1987), *The making of the Atomic Bomb*, Simon & Schuster, Nueva York.

Ringer, F.K. (1969), *The decline of the german mandarines. The german academic community 1890-1933*, Harvard U.P., Cambridge, Mss.

Ritter, G.A. (1992), *Grossforschung und Staat in Deutschland. Ein historischer Überblick*, C.H. Beck, Munich.

Robertson, T.B. (1915), *The Cash Value of Scientific Research*, Scientific Monthly 1, November 1915, pp. 140-47.

Roland, A. (1978), *Underwater warfare in the age of Sail*, Indiana U.P., Indianapolis.

Roland, A. (1985), *Science and War*, Osiris, 2<sup>nd</sup> series, *Historical Writing on American Science*, vol. 1, pp. 247-72.

Romanowski, R.R. (1982), *Peacetime to Wartime Transition in Defense Research Policy at MIT*, B.S. Thesis, MIT Press.

Rosa, E.B. (1905), *National Bureau of Standards and its relation to Scientific and Technical Laboratories*, Science 21, p. 173.

Rosen, E. (ed) (1973), *Testing the Theory of the Military Industrial Complex*, Lexington Books, Heath.

Rosen, S.P. (1991), *Winning the next War: Innovation and the Modern Military*, Cornell University Press, Ithaca (NY).

Rowe, D.E. (1989), *Klein, Hilbert and the Göttingen Mathematical Tradition*, Osiris, 2<sup>nd</sup>. Series, vol. 5: *The intersection of institutional and intellectual issues*, pp. 186-213.

Sánchez-Ron, J.M. (2007), *El Poder de la ciencia: Historia política, económica y social de la ciencia (siglos XIX y XX)*, Crítica, Barcelona.

Sartori, E. (2003), *L'Empire des sciences. Napoléon et ses savants*. Ellipses, Paris.

Schaffer, R. (Ed.), (1978), *The United States in World War I: A selected bibliography*, Clio Press, Santa Barbara (Cal.).

Schaper, M. (Ed.), (2004), *Deutschland um 1900*, Geo Epoche n.12., Gruner Jahr, Hamburg.

Schröder-Gudehus, B., (1972), *The argument for self government and public support of science in Weimar Germany*, Minerva 10, n.4.

Schröder-Gudehus, B., (1973), *Challenge to transnational loyalties: International scientific organizations after the First World War*, Science Studies 3, pp. 93-118.

Scitovsky, T., Shaw, E., Tarshis, L., (1951), *Mobilizing Resources for War: The Economic Alternatives*, McGraw Hill, NY.

Sellar, W.C., Yeatman, R.J. (1932), *1066 and all that: A memorable History of England*. Methuen, Londres.

Showalter, D.E. (1975), *Railroads and Rifles: Soldiers, Technology and the Unification of Germany*, Shoestring Press, Hamden, CT.

Smil, V. (2001), *Enriching the earth. Fritz Haber, Karl Bosch and the transformation of the world food production*, MIT Press, Cambridge, Mss.

Smith, R. (2009), *Elaborating the "As yet Unknown": The Development of Vitamins as Biopolitical Objects during WWI*, Studies in History and Philosophy of Biol. & Biomed. Sci. 40-3, pp.179-89

Smith, M.R. (1977), *Harpers Ferry Armory and the New Technology*, Cornell U.P.

Smith, M.R. (ed.) (1987), *Military Enterprise and Technological Change. Perspectives on the American Experience*. MIT Press.

Sombart, W. (1913), *Krieg und Kapitalismus*, Duncker und Humblot, Munich.

Speer, A. (1969), *Erinnerungen*, Ullstein Buchverlage, Munich.

Spengler, O. (1918, 1922), *La decadencia de Occidente*, 2 vols., Espasa Calpe, Madrid (1998).

Sprout, H. & Sprout, M. (1939), *The Rise of American Naval Power (1776-1918)*, Princeton U.P., New Jersey.

Sprout, H. & Sprout, M. (1946), *Toward a New Order of Sea Power: American Naval Policy and the World Scene (1918-1922)*, Princeton U.P., New Jersey.

Stehr, N. (1994, 1), *Arbeit, Eigentum und Wissen. Zur Theorie von Wissensgesellschaften*, Suhrkamp, Frankfurt.

Stehr, N. (1994, 2), *Knowledge Societies*, Sage, Londres.

Stewart, I. (1948), *Organizing Scientific Research for War: The Administrative History of the Office of Scientific Research and Development*, Boston.

Stine, C.M.A., (1928), *Chemical Engineering in Modern Industry*, Transactions of the American Institute of Chemical Engineers XXI.

Stockfish, J.A. (1973), *Plowshares into Swords: Managing the American Defense Establishment*, Mason & Lipscomb, NY.

Stolper, G. (1940), *The German Economy, 1870-1940: Issues and Trends*, Nueva York.

Stolzenberg, D. (1998), *Fritz Haber: Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude*. Wiley VCH. Weinheim.

Stone, N. (1985), *La Europa transformada*, Siglo Veintiuno, Madrid.

Strachan, H. (2004), *La Primera Guerra Mundial*, Crítica, Barcelona.

Streb, J., Baten, J., Shuxi, Yin. (2006), *Technological and geographical knowledge spillover in the German Empire 1877-1918*, Economic History Review LIX (2), pp. 347-373.

Sun Tzu, (1974), *El Arte de la Guerra*, (traducción de Fernando Montes), Fundamentos, Madrid.

Szöllösi-Janze, M. (1998), *Fritz Haber, 1868-1934: Eine Biographie*, Beck, München.

Szöllösi-Janze, M. (2001, 1), *Pesticides and War: Fritz Haber*, *European Review* 9, pp. 97-108.

Szöllösi-Janze, M. (2001, 2), *Redefining german contemporary history: the concept of the knowledge society*, *Research Council of Norway* 01, pp. 95-104.

Szöllosi-Janze, M. (ed.) (2001, 3), *Science in the Third Reich*, Berg-Oxford, Nueva York.

Szöllösi-Janze, M. (2005), *Science and Social Space: Transformations in the institutions of Wissenschaft from the Wilhelmine Empire to the Weimar Republic*, *Minerva* 43, pp. 339-360.

Taylor, G.D. and Sudnik, P.E. (1984), *DuPont and the International Chemical Industry*, Twayne, Boston.

Thwing, Ch. F. (1928), *The American and the German University: One hundred years of history*, New York.

Tobey, R. (1971), *The American Ideology of National Science*, University of Pittsburgh Press.

Tocqueville, A. de (1840), *La democracia en América*, 2 vols., Alinaza, Madrid (2002).

Travis, A.S., Schröter, H.G., Homburg, E. y Morris, P.J.T. (1998), *Determinants in the Evolution of the European Chemical Industry, 1900-1939. New Technologies, Political Frameworks, Markets and Companies*, Kluwer, Dordrecht.

Trommler, F., McVeigh, J. (eds.) (1985), *America and the Germans*, 2vol. University of Pennsylvania Press, Philadelphia.

Trommler, F., Shore, E. (eds.) (2001), *The German-American Encounter: Conflict and Cooperation between two Cultures, 1800-2000*, Vergham Books, New York.

Tuchman, A.M. (1993), *Science, Medicine and the state in Germany 1815-1871*, Oxford U.P.

Tuchman, A.M., (1997), *Institutions and disciplines: Recent work in the history of german science*, The journal of modern history 69, n.1, pp.298-319.

Tuchman, B.W. (1962), *Los cañones de agosto*, RBA, Barcelona.

Tuchman, B.W. (1966), *La torre del orgullo*. Península, Barcelona.

Vagtborg, H. (1976), *Research and American Industrial Development*, Pergamon, New York.

Van Gelder, A.P. and Schlatter, H. (1927), *History of the Explosives Industry in America*, Columbia University Press, Reprint Arno Press, NY, 1972.

Van Klass, G. (1954), *Krupp: The story of an Industrial Empire*, Sidgwick and Jackson, Londres.

Van Vleck, J.H. (1955), *Blurred Borders of Physics and Engineering*, Journal of Engineering Education Dec. 1955, pp. 366-73.

Vaughan, F.L. (1956), *The US Patent System: Legal and Economic Conflicts in American Patent History*, University of Oklahoma Press.

Veblen, T. (1915), *Imperial Germany and the Industrial Revolution*, Kirchener, New York.



- Veblen, T. (1921), *The Engineers and the Price System*, Kirchner, New York.
- Vidal, G. (1976), *1876*, Edhasa, Barcelona.
- Vidal, G. (1988), *Imperio*, Edhasa, Barcelona.
- Vidal, G. (1990), *Hollywood*, Edhasa, Barcelona.
- Walker, W.H. (1911), *Chemical Research and Industrial Progress*, Scientific American Supplement 72, Julio 1911.
- Walker, W.H. (1920), *The Technology Plan*, Chemical & Metallurgical Engineering XXII, Marzo 1920.
- Wall, J.F. (1990), *Alfred I. DuPont: The Man and his Family*, Oxford University Press.
- Weart, S.R. (1979), *Scientist in power*, Harvard U.P., Cambridge (Mss.)
- Weber, G.A. (1925), *The Bureau of Standards: Its History, Activities and Organization*, Institute for Government Research, Service Monograph n.35, Baltimore.
- Weidlein, E.R., Hamor, W.A. (1931), *Science in Action: A Sketch of the Value of Scientific Research in American Industries*, McGraw Hill, New York.
- Weinberg, A. (1919), *Emil Fischers Tätigkeit während des Krieges*, Die Naturwissenschaften, Heft 46, pp. 868-73.
- Weindling, P. (1991), *Health, race and german politics between national unification and nazism*, Cambridge U.P.

Weir, G.E. (1992), *Building the Kaiser's Navy: The Imperial German Navy Office and German Industry in the von Tirpitz Era, 1890-1919*, Naval Institute Press, Annapolis (Md.)

Weizmann, Ch. A. (1949), *Trial and Error: Autobiography*, Jewish Publication Society of America.

Wendel, G. (1975), *Die Kaiser Wilhelm Gesellschaft 1911-1914: Zur Anatomie einer imperialistischer Forschungsgesellschaft*, Berlin.

Westermann, F. (1926), *Amerika wie ich es sah: Reiseskizzen eines Ingenieurs*, H. Meyer, Halberstadt.

Wilderotter, R. (ed.) (1993), *Walther Rathenau, 1867-1922*, Nueva York.

Wildes, K.L., (1925), *Electrical Engineering at MIT*, Presidential Papers, MIT Archives.

Williamson, H.F., Andreano, R.N., Daum, A., Klase, G.G. (1981), *The American Petroleum Industry*, 2vol. Greenwood Press, West Port, Conn.

Wilke, H. (1997), *Supervision des Staates*, Suhrkamp, Frankfurt.

Wilkins, M. (1989), *The history of foreign investment in the United States to 1914*, Harvard U.P., Cambridge (Mss.).

Wilkinson, N.B. (1965), *In anticipation of Taylor: A study of work by Lamot DuPont, 1872*, Technology and Culture 6, pp. 208-221.

Wilkinson, N.B. (1984), *Lamot DuPont and the American Explosives Industry 1850-1884*, University of Virginia Press.

Winter, J.M. (1975), *War and Economic Development*, Cambridge U.P.

Withrow, J.R. (1916), *The American Chemist and the War's problems*, Science, new series, vol. 43, no. 1120, pp. 835-842.

Wise, G. (1980), *A new role for professional scientist in industry. Industrial Research at GE, 1900-1916*, Technology & Culture 21, July 1980, pp. 408-29.

Wise, N. (1997), *The values of Precision*, Princeton U.P.

Witt, P.C. (1970), *Die Finanzpolitik des Deutschen Reichs von 1903 bis 1913. Eine Studie zur Innenpolitik des Wilhelminischen Deutschland*. Lübeck y Hamburgo.

Wolff, Stefan L., (2003), *Physicist in the "Krieg der Geister": Wilhelm Wien's Proclamation*, Historical studies in the physical sciences 33, 337-368.

Worden, E.C. (1911), *Nitrocelulose Industry*, 2 vol., Nostrand Company, Nueva York.

Wright, Q. (1942), *A Study of War*, 2 vol., University of Chicago Press.

Wright, H. (1966), *Explorer of the universe*, Dutton, Nueva York.

Yerkes, R.M. (ed.) (1920), *The New World of Science: Its Development During the War*, New York.

Zachary, G.P. (1999), *Endless Frontier: Vannevar Bush, engineer of the American Century*, MIT Press.

Ziman, J. (ed.) (2000), *Technological Innovation as an Evolutionary Process*, Cambridge U.P.

Zinn, H. (1995), *A People's History of the United States*, Harper Press.

